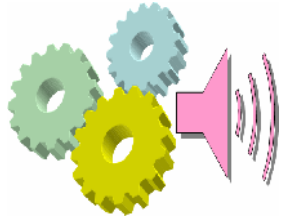




ROYAUME DU MAROC

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE
Académie de Casablanca Settat
Direction Provinciale de Mohammedia



Nom :

Prénom :

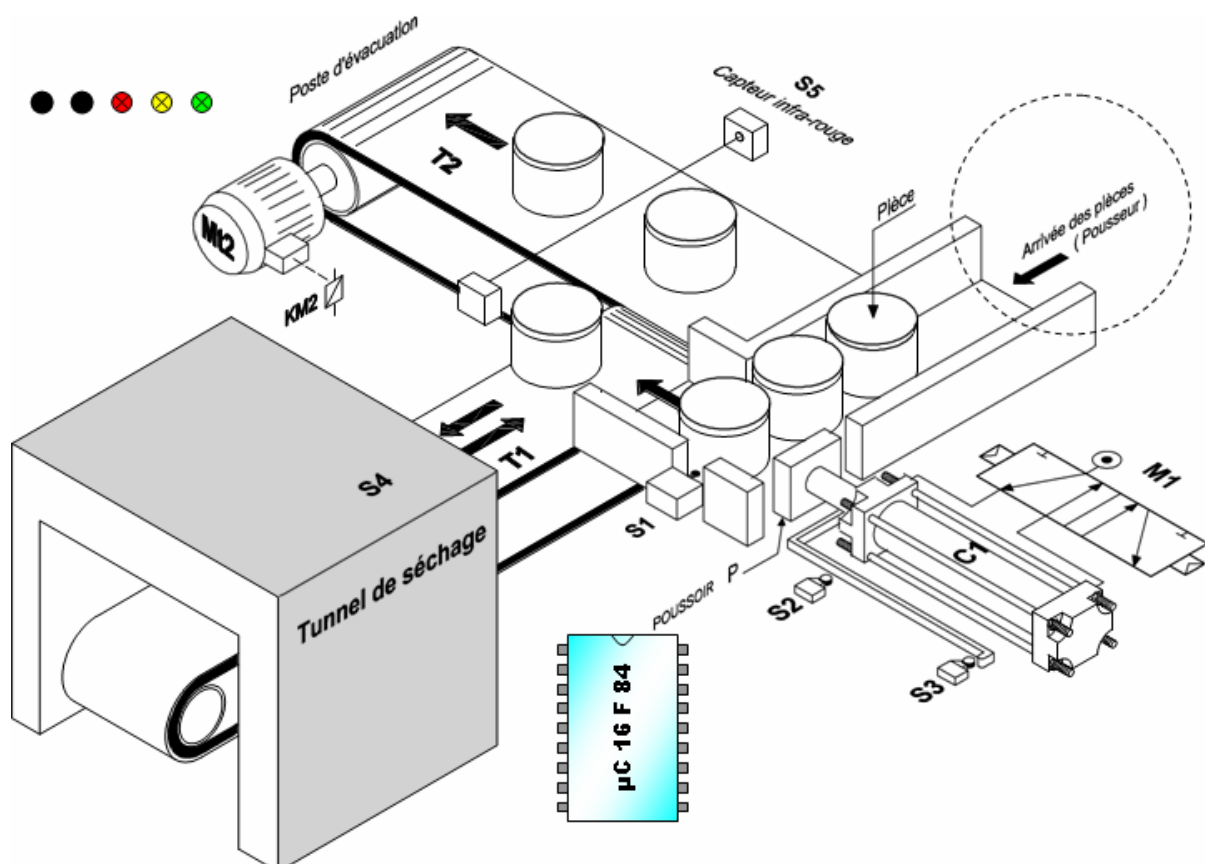
Classe : 2STE...

Lycée Qualifiant Technique Mohammedia

Sciences de l'ingénieur

Systeme n°2 :

**Poste automatique de séchage et
d'évacuation**



Sciences et Technologies Électriques Niveau 2

Professeur : MAHBAB



Le dossier comporte au total 53 pages :

Sujet : Poste automatique de séchage et d'évacuation

☞ Le sujet comporte au total **15** pages.

☞ Le sujet comporte **3** types de documents :

📄 **Pages 01 à 06** : Socle du sujet comportant les situations d'évaluation (SEV) ;

📄 **Pages 07 à 07** : Documents ressources portant la mention

DRES XX

📄 **Pages 08 à 15** : Documents réponses portant la mention

DREP XX

15 pages

Unité A.T.C

Fiches cours :

- Fiche cours n°10 : **Capteurs de température**
- Fiche cours n°11 : **Trigger de SCHMITT**

13 pages

Rappels :

- Rappel n°01 : **Chaîne d'acquisition numérique**
- Rappel n°02 : **Amplificateur opérationnel**
- Rappel n°03 : **Généralités sur les capteurs**
- Rappel n°04 : **Les capteurs T.O.R**

09 pages

Activités :

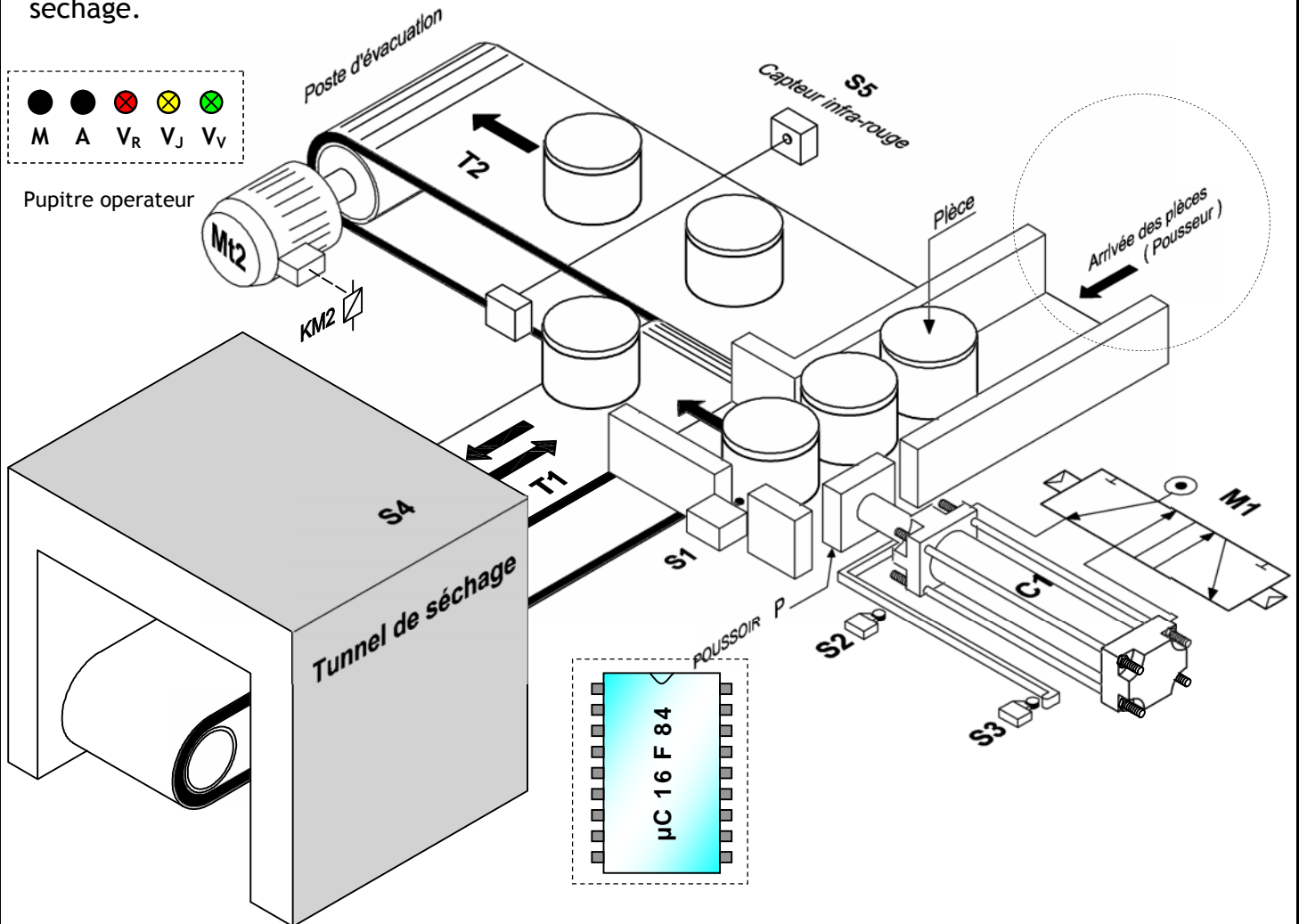
- Activité n°05 : **Amplificateur opérationnel en mode linéaire**
- Activité n°06 : **Amplificateur opérationnel en mode non linéaire**
- Activité n°07 : **Mesure de température avec thermocouple**

14 pages

POSTE AUTOMATIQUE DE SÉCHAGE ET D'ÉVACUATION

1 - PRÉSENTATION DU SYSTÈME :

Le système représenté ci-dessous sert à évacuer et à sécher des pièces dans un tunnel de séchage.



2 - DESCRIPTION DU SYSTÈME :

Ce système est composée principalement de :

- Un poussoir **P** servant à charger la pièce à sécher sur le tapis **T₁**, manœuvré par le vérin **C₁** ;
- Un tapis roulant **T₁** servant à l'envoi de la pièce à sécher dans le tunnel de séchage et au transfert de la pièce séchée sur le tapis **T₂** ; le tapis **T₁** est entraîné par un moteur à 2 sens de rotation **Mt₁** (non représenté) ;
- Un tapis roulant **T₂** servant à l'évacuation de la pièce séchée, entraîné par le moteur **Mt₂** ;
- Un tunnel de séchage constitué d'un turbo ventilateur et des résistances chauffantes ; le turbo ventilateur est entraîné par un moteur **Mt₃** (non représenté) ; afin de fournir de l'air chaud dont la température est comprise entre 100 °c et 120 °c ;
- Un microcontrôleur de type **PIC 16 F 84** pour gérer le fonctionnement du système ;
- Un pupitre opérateur constitué de 2 boutons poussoirs et 3 voyants, pour communiquer avec l'opérateur.

3 - FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME :

Au départ la pièce à sécher, arrive devant le vérin **C₁** sur la goulotte de guidage au moyen d'un **POUSSEUR**, jusqu'à l'action du capteur **S₁**, ce qui démarre le cycle suivant :

- L'avance du poussoir **P** pour charger la pièce à sécher sur le tapis **T₁** par la sortie de la tige du vérin **C₁**, jusqu'à l'action du capteur **S₂** ;
- Le recule du poussoir **P** par la rentrée de la tige du vérin **C₁** ; jusqu'à l'action du capteur **S₃** ;
- L'avance du tapis **T₁** pour envoyer la pièce chargée dans le tunnel de séchage par la rotation du moteur **Mt₁**, jusqu'à l'action du capteur **S₄** ;
- Le démarrage du turbo ventilateur par la rotation du moteur **Mt₃**, pour souffler de l'air chaud à fin de sécher la pièce dans le tunnel, pendant **30** secondes ;
- Le recule du tapis **T₁** pour transférer la pièce séchée sur le tapis **T₂** par la rotation du moteur **Mt₁** et l'avance du tapis **T₂** par la rotation du moteur **Mt₂** simultanément pour évacuer la pièce , jusqu'à l'action du capteur **S₅** et fin du cycle.

4 - IDENTIFICATION DES ÉLÉMENTS D'E/S DU SYSTÈME :

Actions	Actionneurs	Pré-actionneurs
Charger la pièce à sécher	Vérin C₁	SC₁ Distributeur M₁ 14 M₁
		RC₁ 12 M₁
Envoyer la pièce chargée	Moteur Mt₁	Contacteur KM₁₁
Transférer la pièce séchée		KM₁₂
Evacuer la pièce séchée	Moteur Mt₂	Contacteur KM₂ KM₂
Sécher la pièce chargée	Moteur Mt₃	Contacteur KM₃ KM₃
Temporisation T de 30 s	Sous programme Tempo	

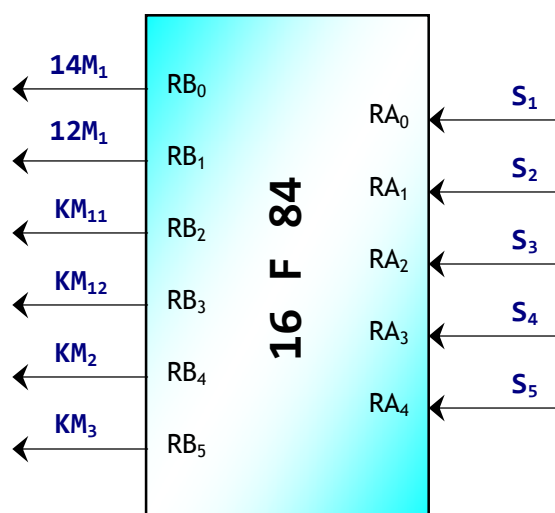
SC₁ : sortir la tige du vérin C₁

RC₁ : rentrer la tige du vérin C₁

Comptes rendus	Capteurs
Présence pièce à sécher	Détecteur mécanique à levier S₁
Pièce chargée	Détecteur mécanique à levier S₂
Fin du cycle	Détecteur mécanique à levier S₃
Pièce envoyée	Détecteur mécanique à levier S₄
Pièce évacuée	Détecteur infra rouge S₅
Pièce séchée	Fin de Temporisation T (30 s)

5 - PARTIE COMMANDE DU SYSTÈME :

Le système est géré par un microcontrôleur de type PIC 16 F 84, selon la configuration suivante :



SEV 1
ÉTUDE FONNCTIONNELLE DU SYSTÈME

RESSOURCES A EXPLOITER : Documents **pages 01 et 02**

Tâche 1
Analyse fonctionnelle globale

☞ Répondre sur le document **DREP 01 page 08**

1. Indiquer la nature de la matière d'œuvre en cochant la case correspondante ;
2. Donner la valeur ajoutée du système (VA) ;
3. Compléter l'actigramme A-0 du système.

Tâche 2
Analyse fonctionnelle structurelle

4. Sur le document **DREP 01 page 08**, compléter la modélisation de la relation entre le poussoir P, le vérin C₁ et le distributeur pneumatique M₁ ;
5. Sur le document **DREP 01 page 08**, compléter la modélisation de la relation entre le tapis T₂, le moteur Mt₂ et le contacteur KM₂ ;
6. Sur le document **DREP 02 page 09**, compléter la chaîne fonctionnelle du système.

SEV 2
ANALYSE DE LA PARTIE COMMANDE

RESSOURCES A EXPLOITER : **DRES 01 page 07** et Documents **pages 01 et 02**

Tâche 1
GRAF CET de fonctionnement du système

☞ Répondre sur le document **DREP 03 page 10**

7. En se référant aux documents des **pages 01**, et **02** compléter le GRAFCET du point de vue **système** traduisant le fonctionnement normal du système ;
8. En déduire alors, le GRAFCET du point de vue **partie commande**.

Tâche 2
Organigramme et programme de fonctionnement

9. En se référant GRAFCET du point de vue partie commande, compléter sur le document **DREP 03 page 10** l'**organigramme** traduisant le fonctionnement du Poste automatique de séchage ;
- ☞ Répondre sur le document **DREP 04 page 11**
10. Compléter le programme d'**initialisation** du µC correspondant à la configuration donnée sur le document de la **page 02** ;
11. En se référant à l'**organigramme** traduisant le fonctionnement normal de la tronçonneuse, compléter le **programme** correspondant à l'**organigramme** du document **DREP 03**.

SEV 3
ÉTUDE PARTIELLE DE LA CHAÎNE D'ACQUISITION
Tâche 1
Conditionnement des signaux T.O.R

Les capteurs S₁, S₂, S₃ et S₄ sont des détecteurs (ou interrupteurs) de position à action mécanique. Le capteur S₅ est un détecteur photoélectrique de type barrage.

L'information délivrée par ces capteurs doit être filtrée et mise en forme ; pour cela on utilise le montage du document réponse **DREP 05 page 12** ;

☞ Répondre sur le document DREP 05 page 12

12. Donner la nature de l'information délivrée par ces capteurs ;
13. Pourquoi le capteur S_5 est dit de proximité (sans contact) ;
14. On considère les capteurs S_1 et S_5 ; compléter le tableau du document réponse DREP 05, en précisant pour chacun d'entre eux les caractéristiques suivantes : sa désignation, sa fonction dans le système et sa grandeur physique d'entrée ;
15. Donner le nom et le rôle des blocs F_2 , F_3 et F_4 ;
16. Sur le document DREP 05, on donne les symboles des différents capteurs T.O.R. Indiquer pour chaque symbole, le nom du capteur correspondant ;

Tâche 2

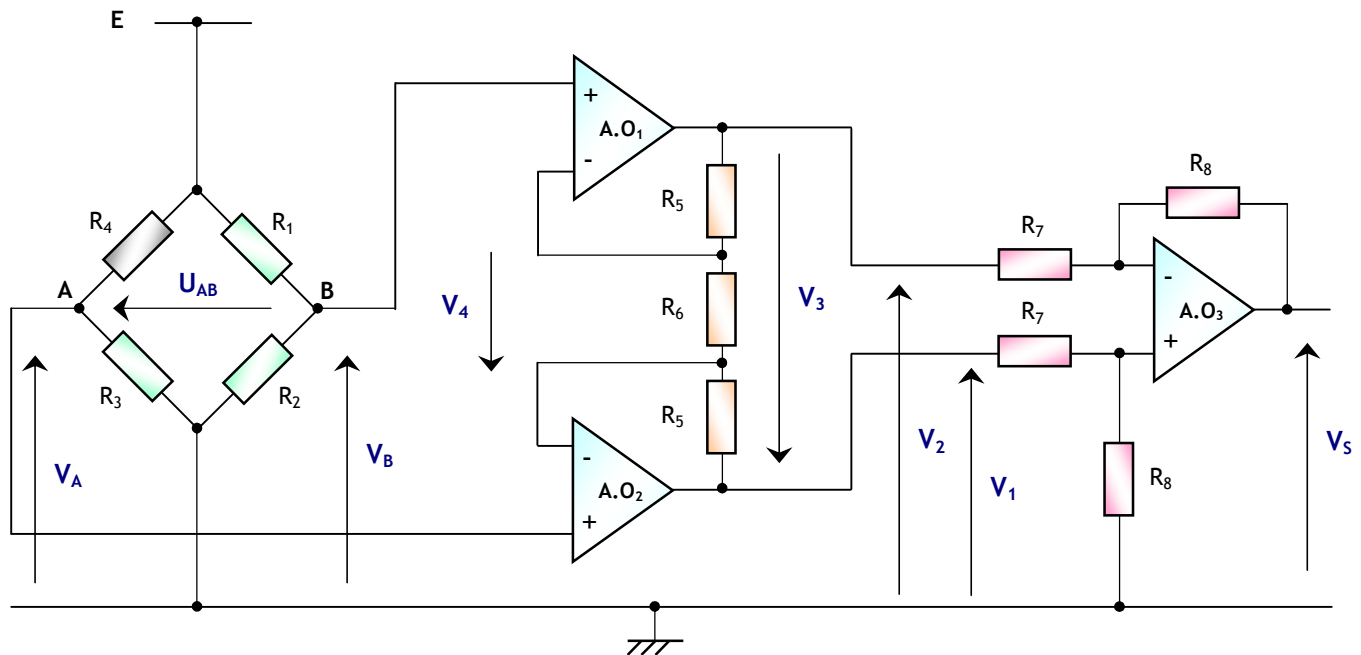
Acquisition et amplification de la température

Le dispositif de séchage est constitué d'un turbo ventilateur et des résistances chauffantes identiques R afin de fournir de l'air chaud dont la température est comprise entre 100°C et 120°C .

Les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits avec $\pm V_{\text{sat}} = \pm V_{\text{CC}} = \pm 12\text{ V}$ et $i^+ = i^- = 0$ (courants d'entrée des amplificateurs opérationnels).

Le capteur de température est une thermistance à coefficient de température négatif (CTN : la résistance R_4).

Son schéma de principe est le suivant :



La résistance de la CTN varie en fonction de la température selon la loi suivante :

$$R = R_0 \cdot e^{B \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

- T et T_0 sont en degré Kelvin ($^\circ\text{K}$) ;
- $R_0 = 100\text{ K}\Omega$ la résistance à la température $T_0 = 298^\circ\text{K}$;
- e : base du logarithme népérien ;
- B en $^\circ\text{K}$ est un coefficient donné par le fabricant ;
- T ($^\circ\text{K}$) = t ($^\circ\text{C}$) + 273.

On donne :

$$\begin{aligned} R_1 = R_2 = R_3 = 10\text{ K}\Omega & & R_8 = 2R_7 & & R_6 = 2R_5 \\ R_4 (120^\circ\text{C}) = 2,40\text{ K}\Omega & & E = 5\text{ V} & & \end{aligned}$$

☒ Répondre sur le document DREP 06 page 13

17. Donner l'expression numérique du coefficient B en $^{\circ}K$;
18. Donner l'expression numérique de R_4 à $100^{\circ}C$;
19. Donner l'expression de V_B en fonction de E , R_1 et R_2 , en déduire la valeur de V_B ;
20. Donner l'expression de V_A en fonction de E , R_3 et R_4 , en déduire alors les valeurs de V_A correspondantes à $100^{\circ}C$ et à $120^{\circ}C$;
21. Donner alors les expressions numérique de la tension U_{AB} correspondantes à $100^{\circ}C$ et à $120^{\circ}C$, sachant que $U_{AB} = V_A - V_B$;
22. Pour l'amplificateur opérationnel AO_3 , donner l'expression des tensions V^+ et V^- ;
23. En déduire l'expression de la tension V_5 en fonction de V_1 et V_2 ;
24. Montrer que $V_3 = 2.V_4$;
25. Donner alors les expressions numérique de la tension V_5 correspondantes à $100^{\circ}C$ et à $120^{\circ}C$, sachant que $V_3 = V_1 - V_2$ et $V_4 = U_{AB}$;

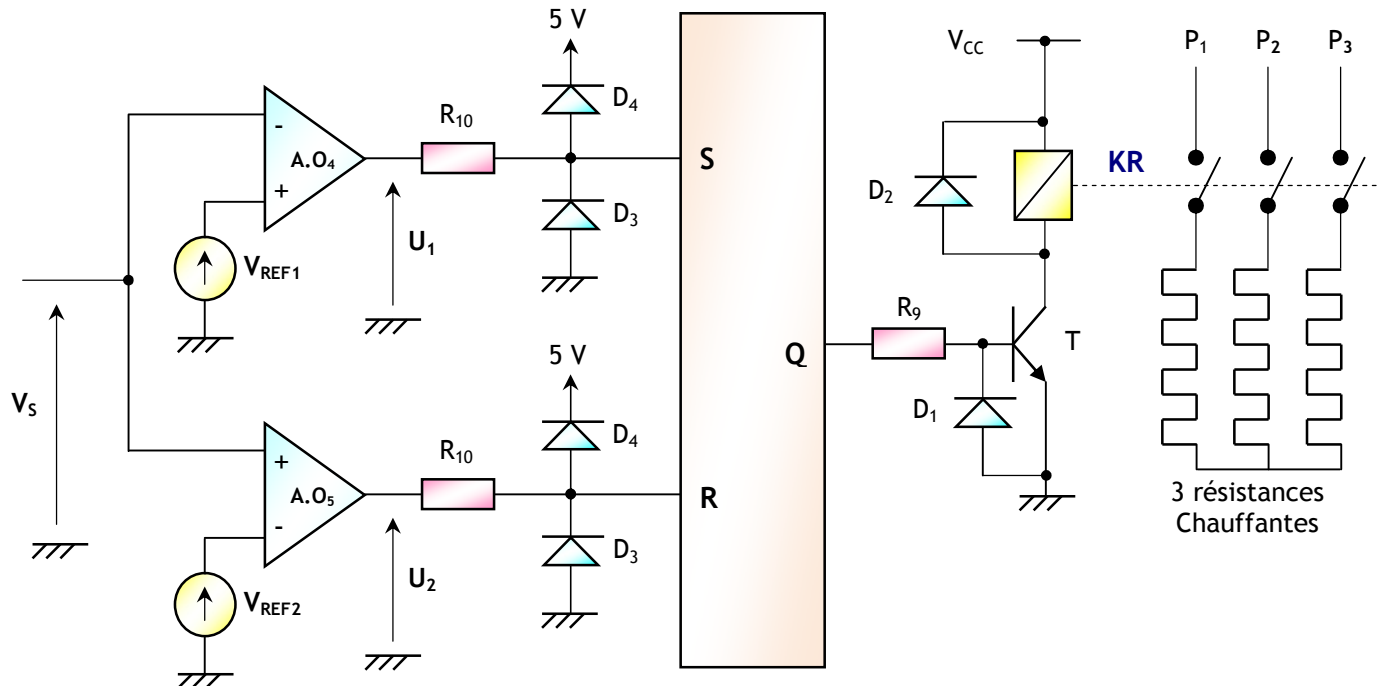
Tâche 3

Régulation de t par 2 comparateurs à seuil

La température de l'air chaud doit être comprise entre $100^{\circ}C$ et $120^{\circ}C$.

La tension V_5 image de la température t est comparée avec les tensions de référence V_{REF1} et V_{REF2} , avec $V_{REF1} = 3,80 V$ et $V_{REF2} = 6,12 V$.

L'action Set lance le chauffage et l'action Reset met les résistances chauffantes hors tension.



☒ Répondre sur le document DREP 07 page 14

26. Donner le nom du montage autour de l' $A.O_4$ (et $A.O_5$) ;
27. Compléter le tableau du document DREP 07 ;
28. Que représente les tensions V_{REF1} et V_{REF2} , sachant que : $V_{REF1} = 3,80 V$ et $V_{REF2} = 6,12 V$;
29. Compléter le tableau du document DREP 07 ;
30. Tracer la fonction de transfert $U_1 = f(V_5)$. En déduire alors la caractéristique U_1 en fonction de la température t est en $^{\circ}C$;
31. Tracer la fonction de transfert $U_2 = f(V_5)$. En déduire alors la caractéristique U_2 en fonction de la température t est en $^{\circ}C$;

Tâche 4

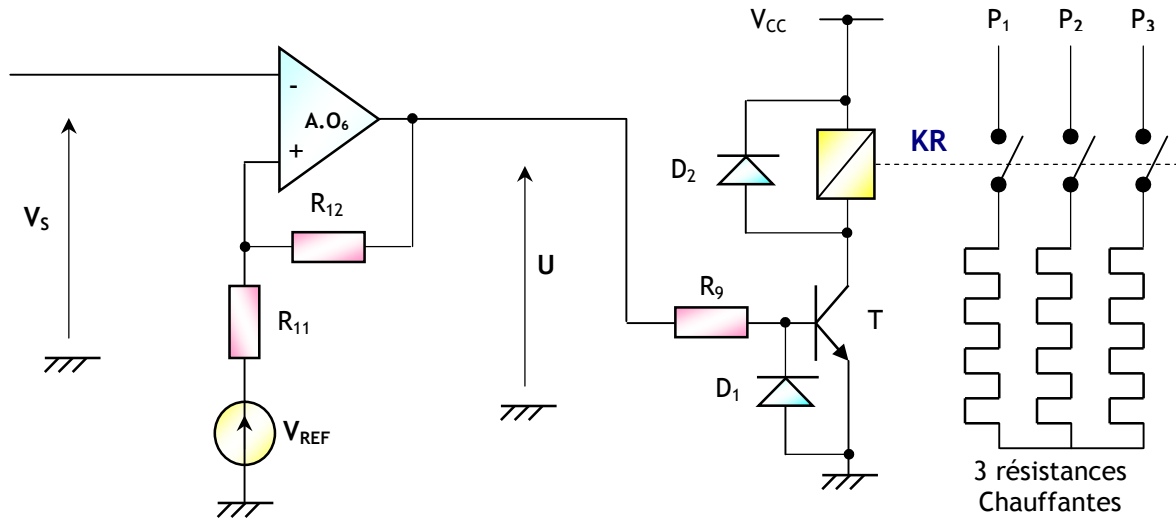
Régulation de °t par Trigger de SCHMITT

On remplace les 2 comparateurs à seuil par un comparateur à 2 seuils.

Le montage agit de la façon suivante :

Si la température est inférieure à 100 °c, on ferme KR (Chauffage) ;

Si la température est supérieure à 120 °c, on ouvre KR (Pas de chauffage).



Le montage autour de l'amplificateur opérationnel, est un trigger inverseur.

☞ Répondre sur le document **DREP 08 page 15**

32. Pour l'amplificateur opérationnel AO₆, donner l'expression des tensions V⁺ et V⁻ ;
33. Donner l'expression des seuils V_{SH} et V_{SL} sachant qu'au moment de basculement du trigger : V⁺ = V⁻, (les seuils V_{SH} et V_{SL} sont calculés respectivement pour U = V_{cc} et U = -V_{cc}) ;
34. Calculer la valeur numérique des seuils V_{SH} et V_{SL} ;
35. Tracer la fonction de transfert U = f(U_s). En déduire alors la caractéristique U en fonction de la température t est en °c ;
36. Déterminer les valeurs de V_{REF} et de R₁₂, sachant que R₁₁ = 2,2 KΩ.
37. Compléter le tableau du document **DREP 08**.

DRES 01

Jeu d'instruction du microcontrôleur 16F84

1. Jeu d'instruction :

Mnemonic, operands	Description	Cycles	14-bit opcode				Status affected	
			MSB			LSB		
BYTE ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS								
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C, DC, Z
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	1fff	ffff	Z
CLRWF	-	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z
DECF	f, d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z
DECFSZ	f, d	Decrement f, skip if 0	1(2)	00	1011	dfff	ffff	
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z
INCFSZ	f, d	Increment f, skip if 0	1(2)	00	1111	dfff	ffff	
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000	1fff	ffff	
NOP	-	No operation	1	00	0000	0xx0	0000	
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	dfff	ffff	C
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C, DC, Z
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff	
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z
BIT ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS								
BCF	f, b	Bit clear f	1	01	00bb	bfff	ffff	
BSF	f, b	Bit set f	1	01	01bb	bfff	ffff	
BTFSC	f, b	Bit test f, skip if clear	1(2)	01	10bb	bfff	ffff	
BTFSS	f, b	Bit test f, skip if set	1(2)	01	11bb	bfff	ffff	
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS								
ADDLW	k	Add literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C, DC, Z
ANDLW	k	AND literal With W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z
CALL	k	Call subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk	
CLRWDT	-	Clear watchdog Timer	1	00	0000	0101	0100	TO, PD
GOTO	k	Go to address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk	
IORLW	k	Inclusive OR literal With W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z
MOVLW	k	Move literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk	
RETFIE	-	Return from interrupt	2	00	0000	0000	1001	
RETLW	k	Return with literal to W	2	11	01xx	kkkk	kkkk	
RETURN	-	Return from subroutine	2	00	0000	0000	1000	
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00	0000	0110	0011	TO, PD
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C, DC, Z
XORLW	k	Exclusive OR literal With W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z

2. Configuration des PORTS :

Tous les ports sont pilotés par deux registres :

- Le registre de **PORTx**, si le **PORTx** ou certaines lignes de **PORTx** sont configurées en sortie, ce registre détermine l'état logique des sorties ;
- 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 page mémoire pour les configurer ;
- Pour accéder aux banques mémoire, on utilise le bit **RP₀** (5^{ième} bit du registre **STATUS**) :

RP ₀ = 0	Accès à la banque 0	RP ₀ = 0	Accès à la banque 1
---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

Analyse fonctionnelle globale

DREP 01

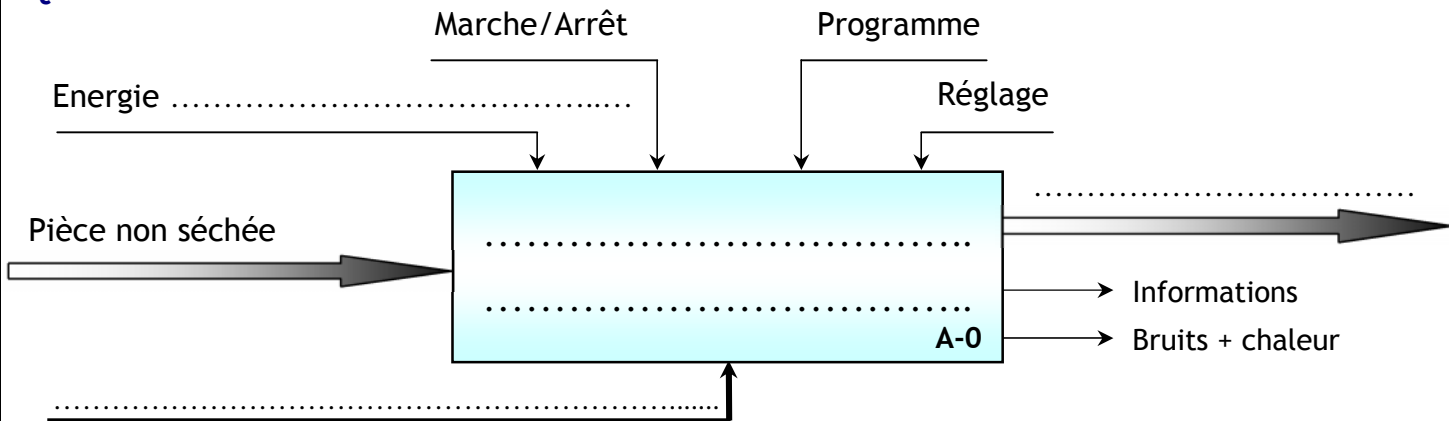
Q.1:

Energie ... Matière ... Information ...

Q.2:

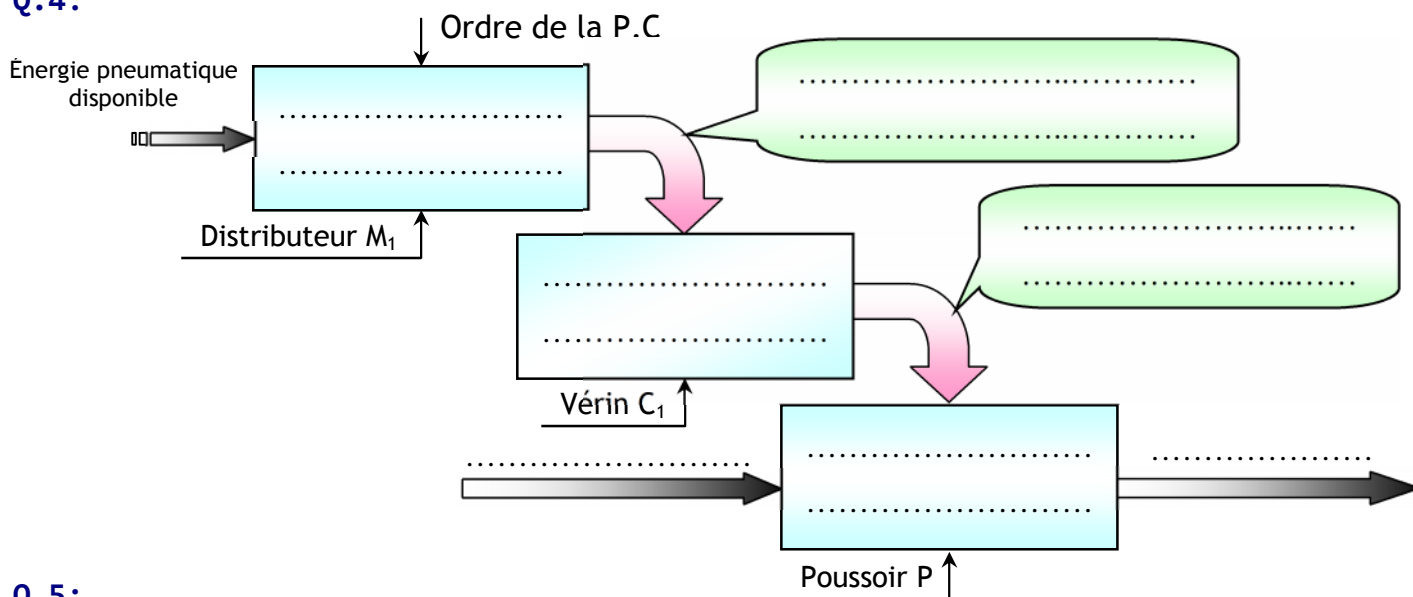
.....

Q.3:

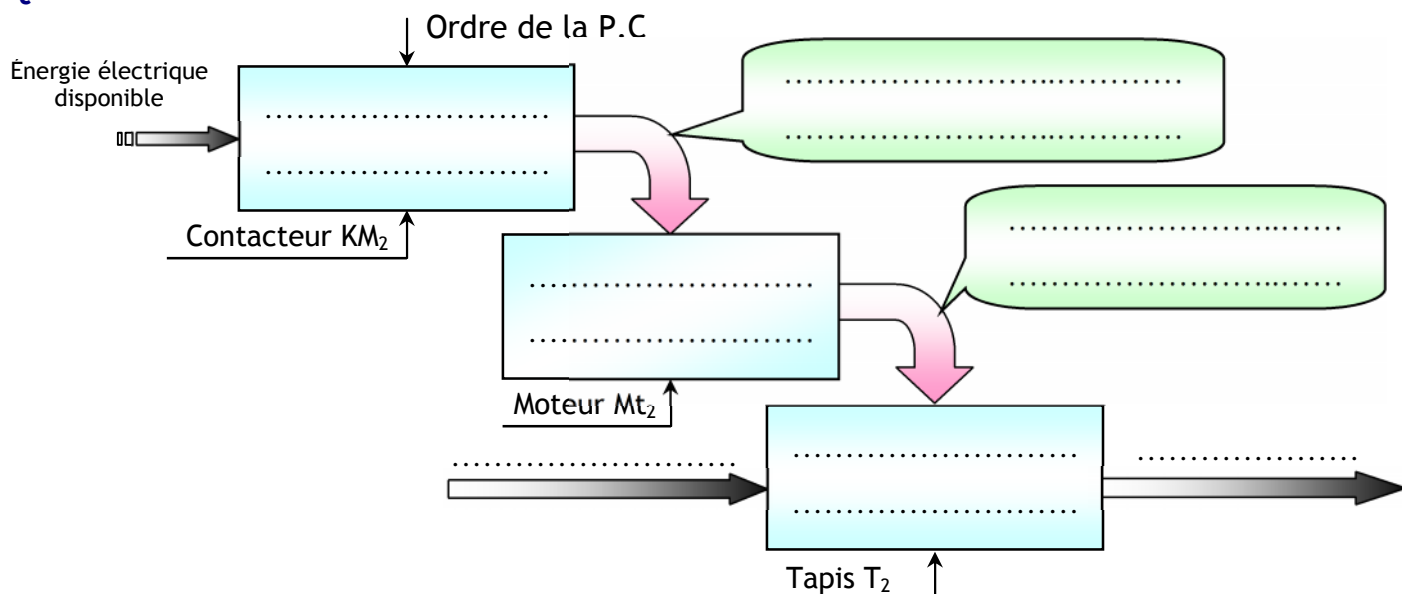


Analyse fonctionnelle structurelle

Q.4:

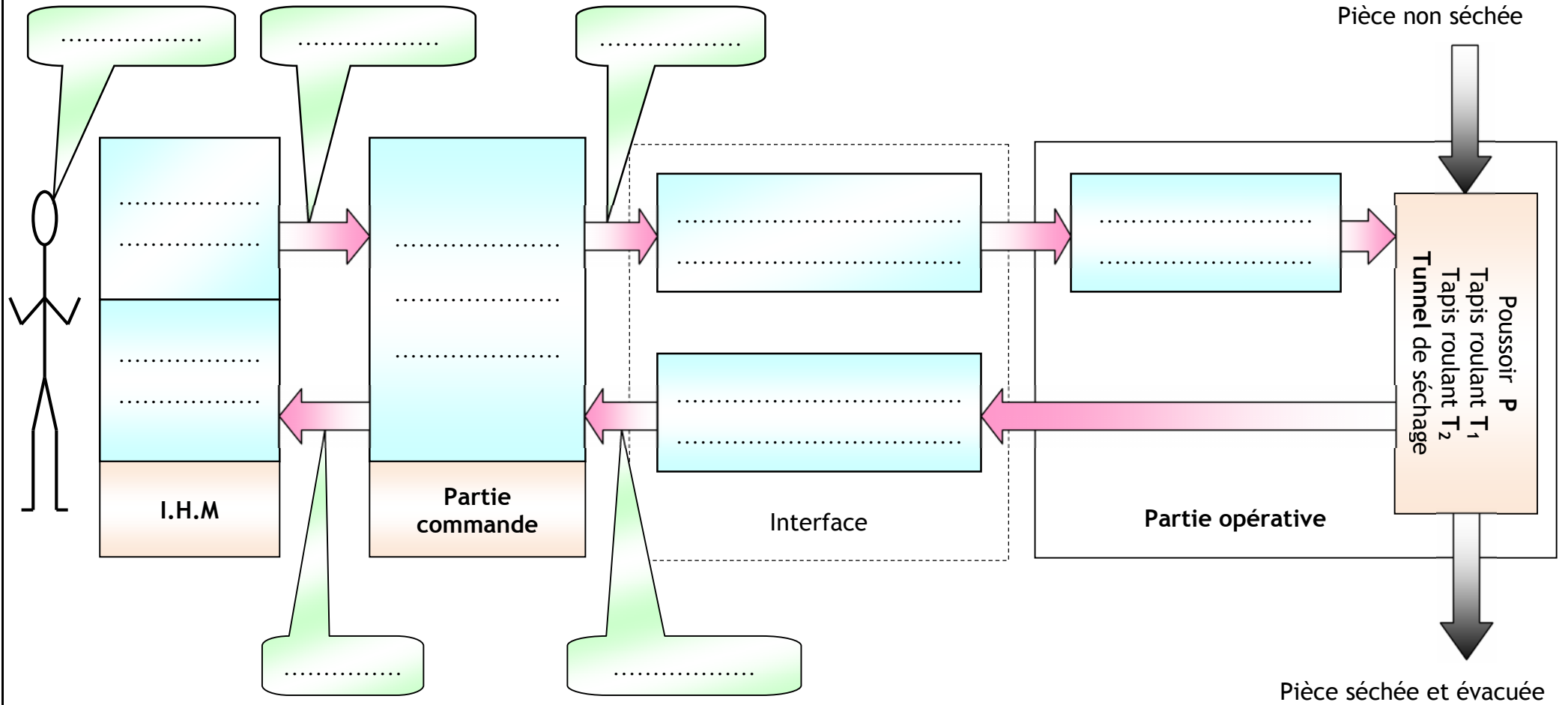


Q.5:



Q.6:

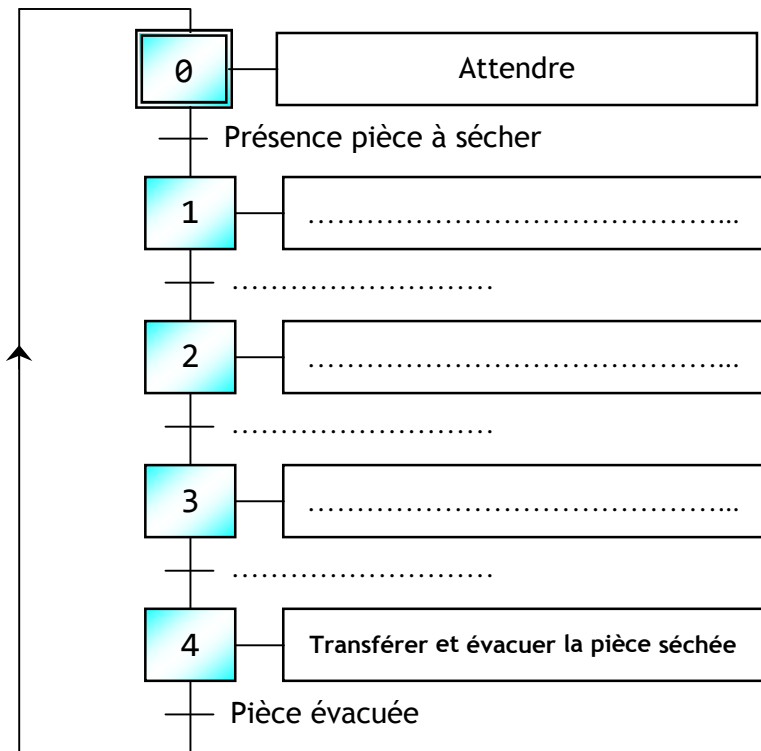
DREP 02



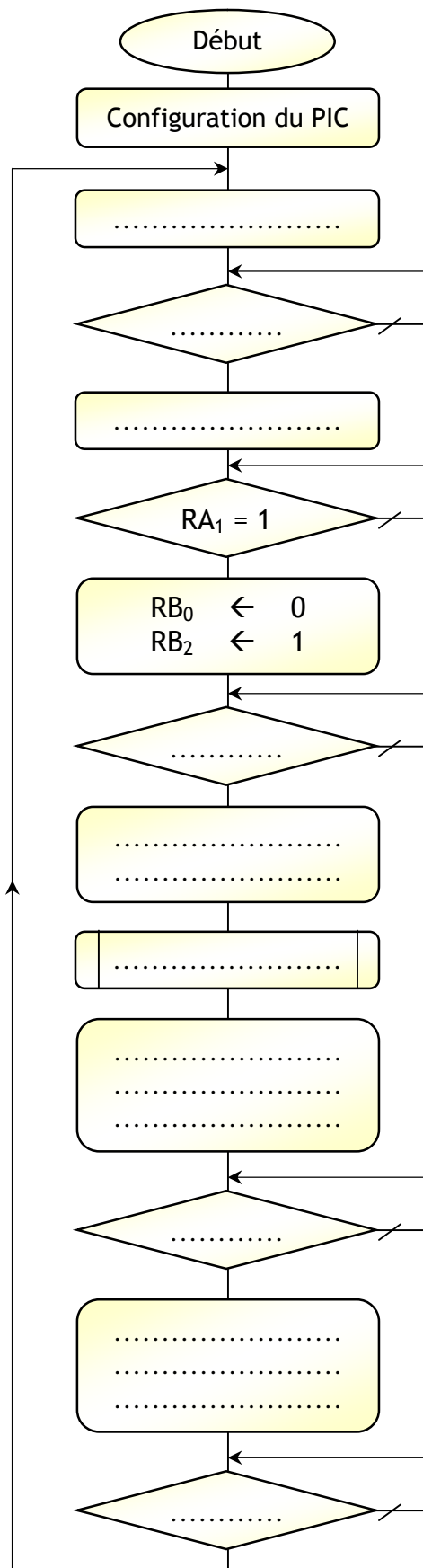
GRAFCET ET programme de fonctionnement

DREP 03

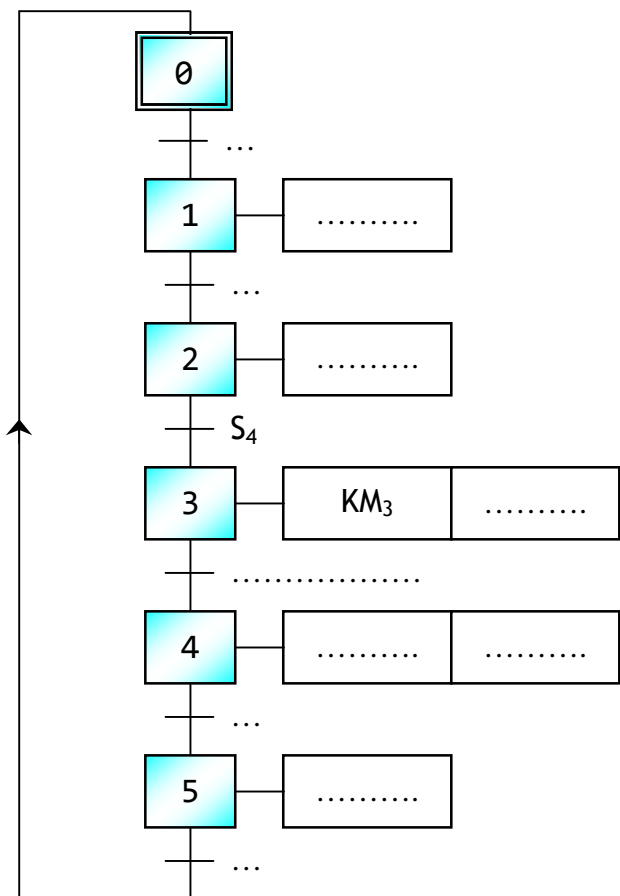
Q.7 :



Q.9 :



Q.8 :



DREP 04

Q.10 :

```

..... ; accès à la banque 1
..... ; PORTB en sortie
..... ;
..... ; PORTA en entrée
BCF STATUS, 5 ; accès à la banque 0
    
```

Q.11 :

```

Lab1 CLRFB PORTB ; état de repos
Lab2 ..... ; S1 actionné ?
..... ; Saut si test faux
..... ; 14 M1 actionné
Lab3 ..... ; S2 actionné ?
..... ; Saut si test faux
..... ; 14 M1 non actionné
..... ; KM11 actionné
Lab4 BTFSS PORTA, 3 ; S4 actionné ?
GOTO Lab4 ; Saut si test faux
BCF PORTB, 2 ; KM11 non actionné
BSF PORTB, 5 ; KM3 actionné
..... ; Appel tempo (30 s)
..... ; KM3 non actionné
..... ; KM12 actionné
..... ; KM2 actionné
Lab5 ..... ; S5 actionné ?
..... ; Saut si test faux
..... ; KM12 non actionné
..... ; KM2 non actionné
..... ; 12 M1 actionné
Lab6 ..... ; S3 actionné ?
..... ; Saut si test faux
..... ; Saut à Lab1
    
```

Conditionnement des signaux T.O.R

DREP 05

Q.12 :

.....

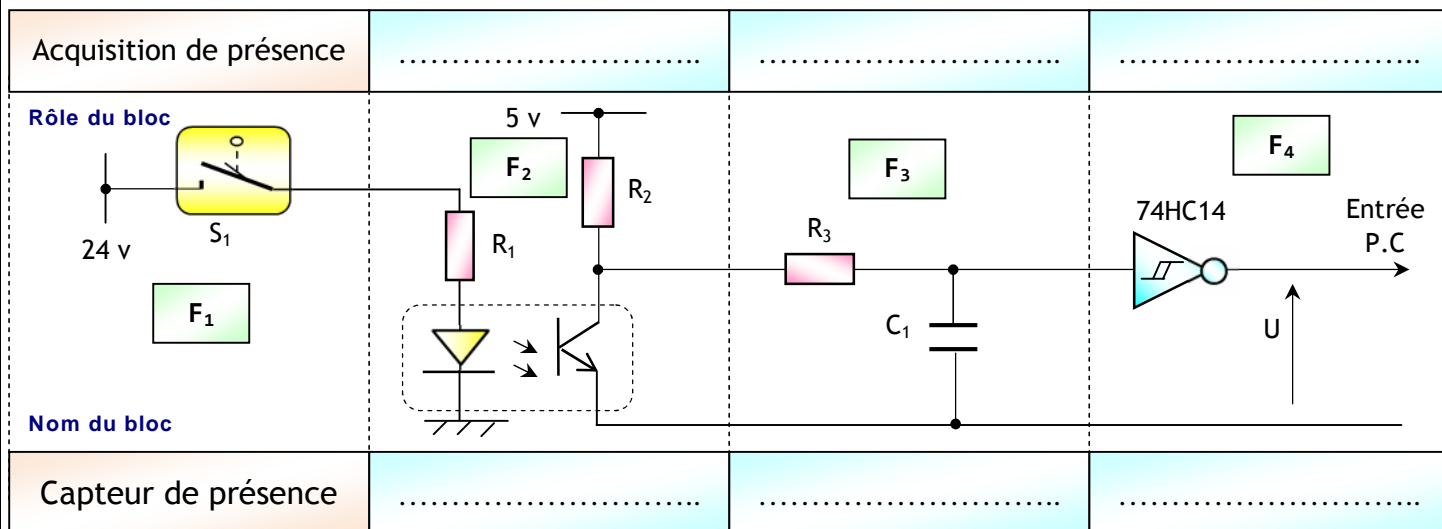
Q.13 :

.....

Q.14 :

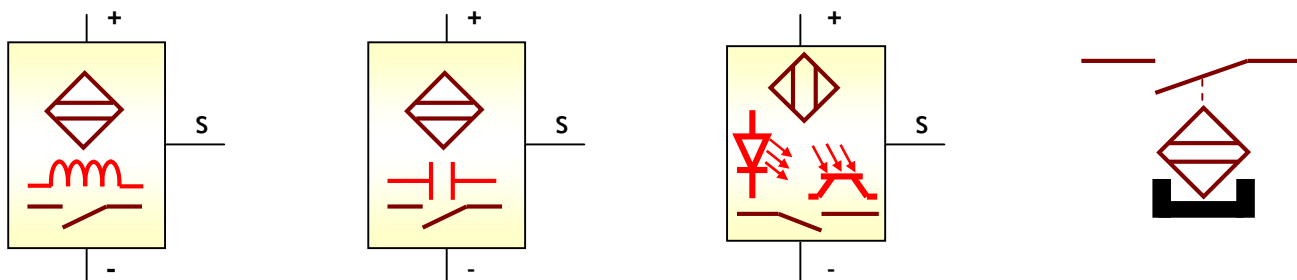
	Capteur S ₁	Capteur S ₅
Désignation	.....	.....
Fonction	.....	.....
Grandeur d'entrée	.....	.....
Grandeur de sortie	Signal logique	Signal logique

Q.15 :



74HC14 : 6 Portes logiques de type trigger (comparateur à 2 seuils)

Q.16 :



Acquisition et amplification de la température

DREP 06

Q.17 :

.....
.....
.....
.....

Q.18 :

.....
.....

Q.19 :

.....
.....
.....

Q.20 :

.....
.....
.....
.....

Q.21 :

.....
.....

Q.22 :

.....
.....
.....

Q.23 :

.....
.....
.....
.....

Q.24 :

.....
.....
.....

Q.25 :

.....
.....
.....
.....

DREP 07

Régulation de θ par 2 comparateurs à seuil

Q.26 :

Montage autour de l'A.O₄ :

Montage autour de l'A.O₅ :

Q.27 :

		D ₄ est		D ₃ est		S égale à
$U_1 = +12\text{ v}$	Passante	.....	Passante	.....	.....
	Bloquée	.....	Bloquée	.....	
$U_1 = -12\text{ v}$	Passante	.....	Passante	.....	.....
	Bloquée	.....	Bloquée	.....	

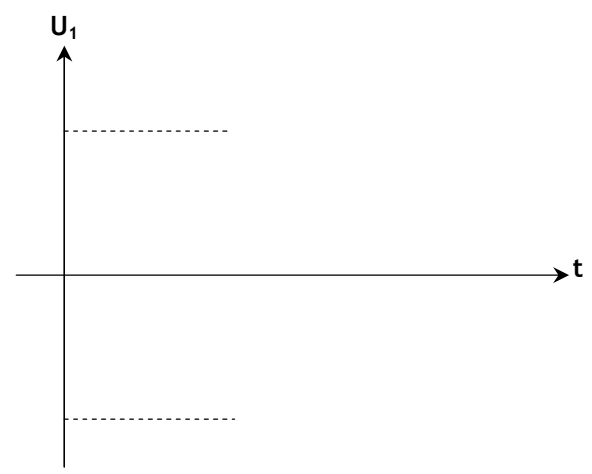
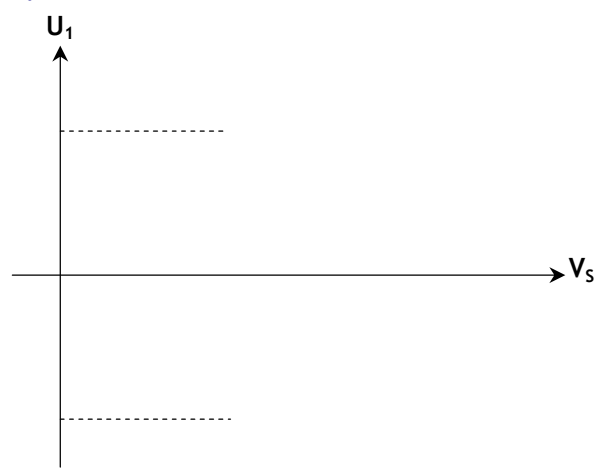
Q.28 :

.....

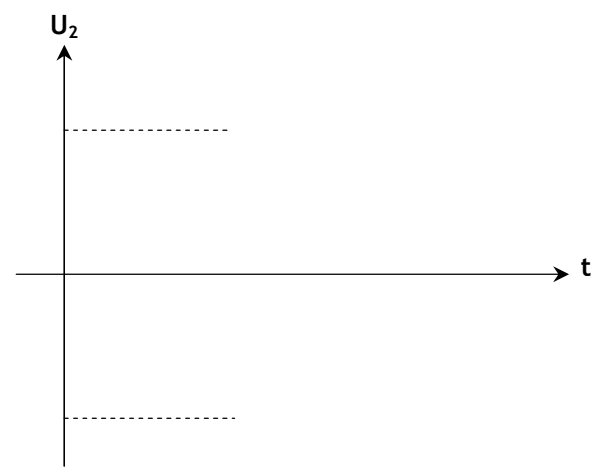
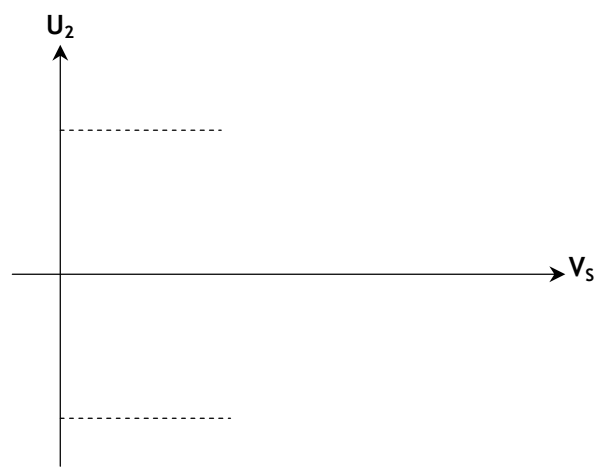
Q.29 :

	U ₁ égale à		U ₂ égale à		Action		Transistor		Résistances chauffantes	
température < 100°C	+12 v	.....	+12 v	.....	Set	.....	saturé	.....	alimentées	.....
	-12 v	.....	-12 v	.....	Reset	.....	bloqué	.....	non alimentées	.....
température > 120°C	+12 v	.....	+12 v	.....	Set	.....	saturé	.....	alimentées	.....
	-12 v	.....	-12 v	.....	Reset	.....	bloqué	.....	non alimentées	.....

Q.30 :



Q.31 :



DREP 08

Régulation de °t par trigger de SCHMITT

Q.32 :

.....
.....

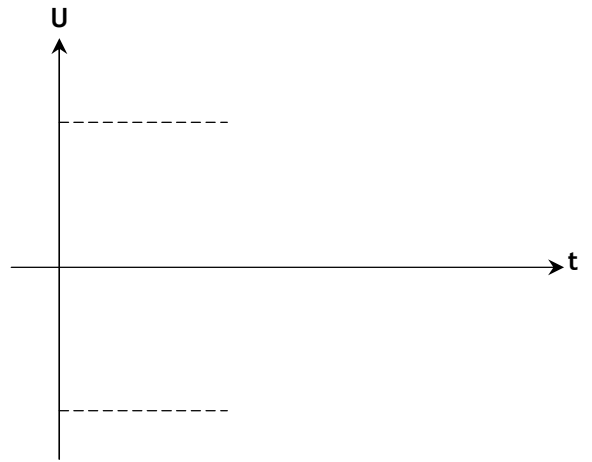
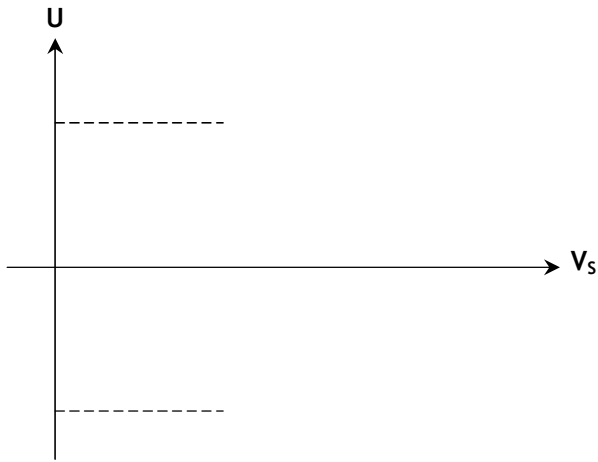
Q.33 :

.....
.....
.....

Q.34 :

.....
.....

Q.35 :



Q.36 :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Q.37 :

Evolution de la température T	de 100°C à 120°C	de 120°C à 100°C
U en volt
Etat du transistor T (bloqué ou saturé)
Contacteur KR (ouvert ou fermé)
Resistances R alimentées (oui ou non)

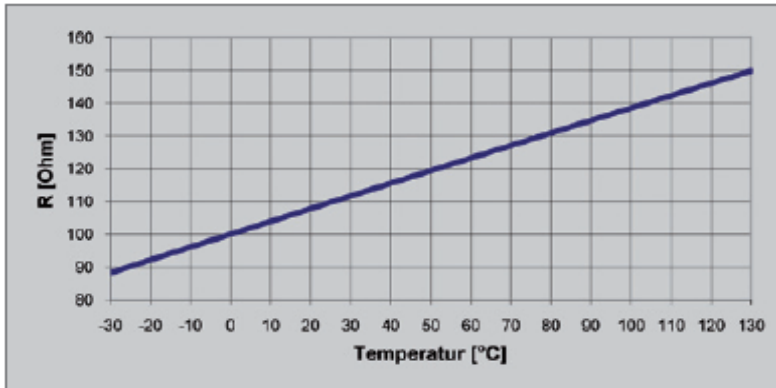
1. Les résistances détectrices de température R.T.D :

1.1. Définition :

Elles sont constituées d'un métal (par exemple : le Platine) dont la résistance varie linéairement avec la température - $R(t) = a.t + b$ -.

1.2. Exemple :

Les plus répandues sont les "PT₁₀₀" dont la sensibilité est **0,385 Ω/°C** et la résistance nominale **100 Ω** à **0 °C**. Les températures peuvent être comprises entre **-250 °C** et **+850 °C**.



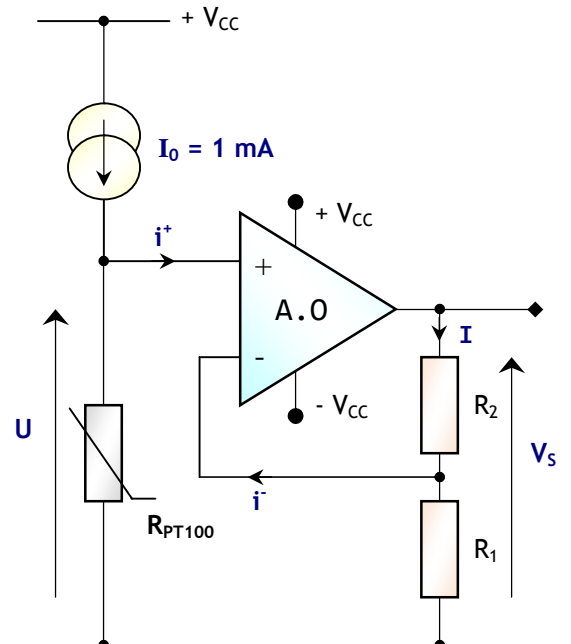
Courbe caractéristique d'une PT100

- Calculer graphiquement la sensibilité s de la PT₁₀₀ ;
.....
.....
- Donner l'expression de R -résistance de la PT₁₀₀- en fonction de t -température en °C- ;
.....
.....
- Quelle est la valeur d'une Pt₁₀₀ à 100 °C ?
.....
.....

1.3. Exemple d'application :

Expression de V_s en fonction de la température t :

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....



2. Circuit intégré spécialisé LM 335 :

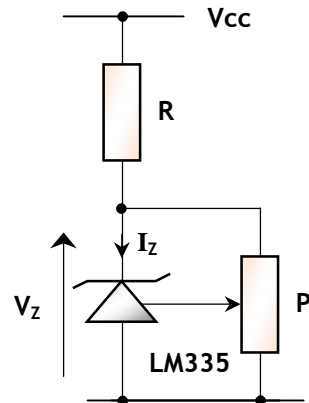
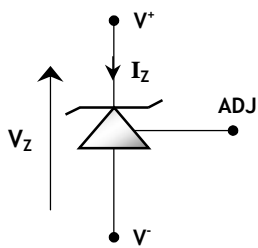
2.1. Définition :

Ce sont des composants électroniques spécialisés, conçus pour la mesure de température. Ces circuits permettent d'avoir une tension qui varie linéairement avec la température. Ils sont électriquement équivalents à une diode **Zener** dont la sensibilité est de **10mV/°K**.

2.2. Caractéristiques du LM 335 :

Exemple de montage :

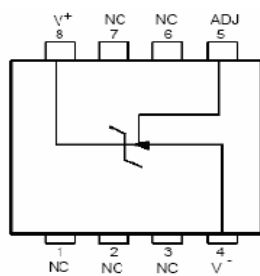
Symbole :



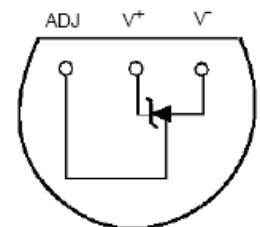
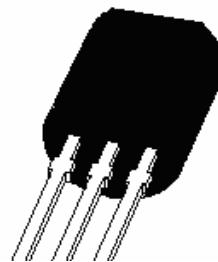
- La résistance R doit être déterminée de telle sorte que Iz soit compris entre 0,4 mA et 5 mA ;
- Le potentiomètre P est facultatif. Il permet d'ajuster la tension du 0°C (décalage) ;
- Sensibilité $s = 10\text{mV}/^\circ\text{K}$;
- $V_z = 10.T$
- V_z : tension aux bornes du LM335 en mV ;
- T : température en °K ;
- $T^\circ\text{K} = t^\circ\text{C} + 273$.

Le LM335 se loge dans des différents types de boîtiers :

S08



T092



2.3. Exemple d'application :

2.3.1. Mesure de température :

Expression de Vs en fonction de la température t :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

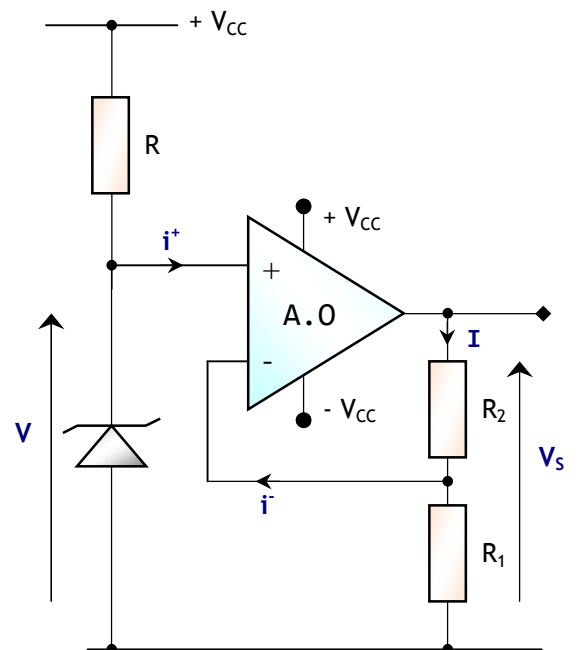
.....

.....

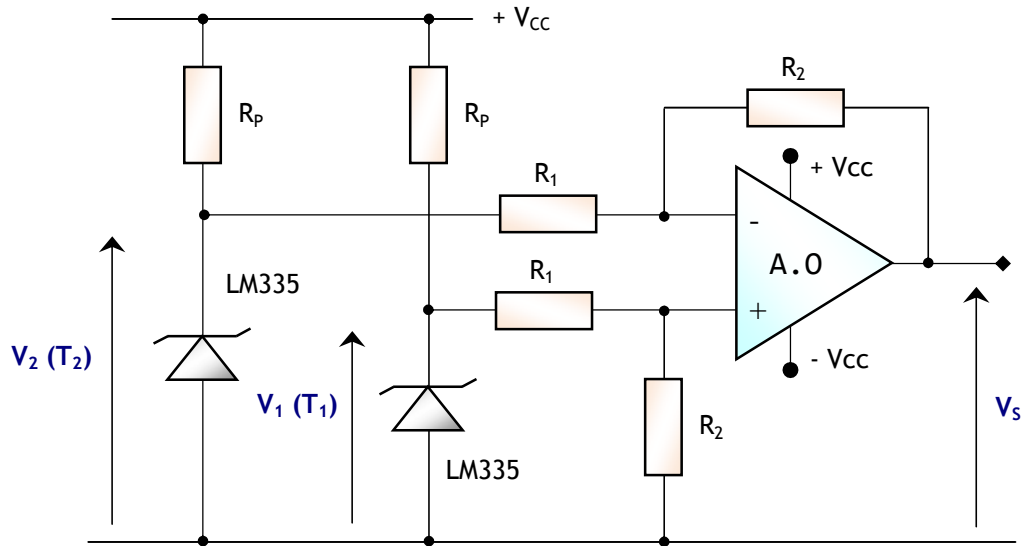
.....

.....

.....



2.3.2. Mesure d'une différence de température :



Expression de V_s en fonction de la température t_1 et t_2 :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. Les thermistances :

3.1. Définition :

Les thermistances sont des résistances non linéaires dont la valeur varie avec la température.

On appelle CTN une thermistance à Coefficient de Température Négatif : sa résistance diminue lorsque la température augmente.

On appelle CTP une thermistance à Coefficient de Température Positif : sa résistance augmente lorsque la température croît.

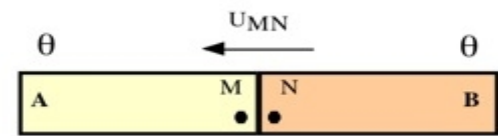
3.2. Propriétés :

- La sensibilité thermique de ce type de résistance est très supérieure à celle de la résistance ordinaire (métallique), en outre leur coefficient de température dépend fortement de T.
- Diverses thermistances faites de petits grains de semi-conducteurs et d'oxydes métalliques (fer, titane, etc...) que l'on appelle oxydes céramiques sont utilisées pour mesurer des températures entre $- 46$ °C et 150 °C.
- Ces oxydes sont frittés (comprimés et chauffés) à une température limite de fusion. Leurs propriétés dépendent du choix du semi-conducteur ainsi que du dosage des oxydes.

4. Thermocouples et effets thermoélectriques :

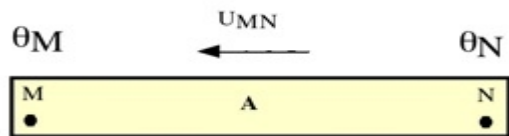
4.1. Effet Peltier :

à la jonction de deux conducteurs A et B différents mais à la même température, s'établit une différence de potentiel qui ne dépend que de la nature des conducteurs et de leur température θ .



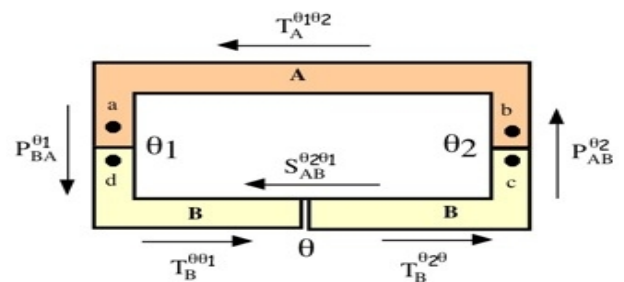
4.2. Effet Thomson :

Entre deux points M et N à température différente, à l'intérieur d'un conducteur homogène A s'établit une force électromotrice qui ne dépend que de la nature du conducteur et des températures aux points M et N.



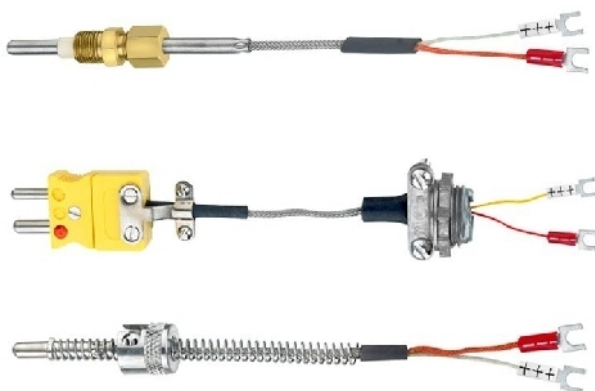
4.3. Effet Seebeck :

Soit deux conducteurs A et B dont les jonctions sont à des températures θ_1 et θ_2 . Ce circuit constitue un couple thermoélectrique. Ce couple est le siège d'une force électromotrice dite de Seebeck qui résulte des effets de Peltier et de Thomson qui s'y produisent.



4.4. Définition :

Ils convertissent la température en tension. Lorsque deux fils conducteurs composés de métaux différents sont joints, une très faible tension apparaît, cette tension est fonction de la température de la jonction et du type des métaux qui composent les fils du thermocouple. Ils possèdent une bonne linéarité.



4.5. Caractéristiques des principaux Thermocouples :

Type	Alliage	Fem ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	Température ($^\circ\text{C}$)
E	Alumel / Constantan Nickel - Aluminium/Cuivre - Nickel	58,70 à 0 $^\circ\text{C}$	- 270 + 1000
J	Fer / Constantan (Cuivre - Nickel)	50,37 à 0 $^\circ\text{C}$	- 210 + 1200
K	Chromel / Alumel Nickel- Chrome / Nickel- Aluminium	39,48 à 0 $^\circ\text{C}$	- 270 + 1372
T	Cuivre / Constantan Cuivre / Cuivre - Nickel	38,74 à 0 $^\circ\text{C}$	- 270 + 400
S	Platine - Rhodium 10% / Platine	10,19 à 600 $^\circ\text{C}$	- 50 + 1768
R	Platine - Rhodium 13% / Platine	11,35 à 600 $^\circ\text{C}$	- 50 + 1768

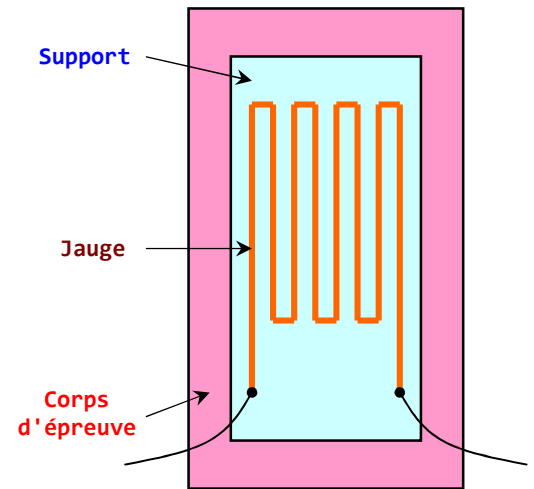
5. Les jauges de contrainte :

5.1. Constitution :

La jauge : Circuit métallique peu épais (de l'ordre du μm), ayant une résistance électrique qui varie lorsqu'il subit une déformation. La jauge doit être apte à résister à haute température et à l'usure. La jauge de contrainte est fixée sur un support.

Le support : Il sert de lien entre le corps d'épreuve et la jauge. Il doit donc être souple et isolant. Ce support est en résine. La fabrication de la jauge et du support est identique à celle des circuits imprimés.

Le corps d'épreuve : C'est le corps qui subira la déformation. Il doit être souple et élastique. Le support est fixé dessus. Il faut éviter de sortir de sa gamme de déformation élastique pour éviter tout risque de déformation permanente.

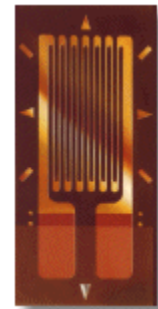


5.2. Principe de fonctionnement des jauges de contrainte :

La résistance d'un conducteur est donnée par la relation :

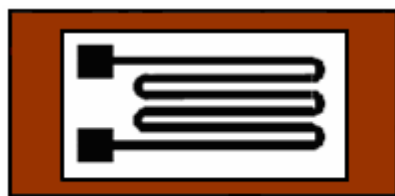
$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \quad \text{où}$$

R : La résistance électrique ;
 ρ : La résistivité du matériau ;
L : La longueur du fil ;
S : La section du fil.

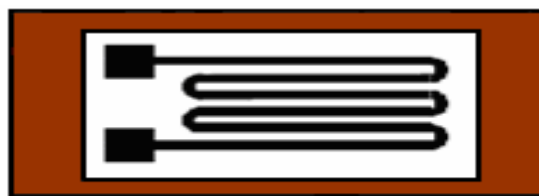


La déformation du conducteur (jauge) modifie la longueur **L** entraînant une variation de la résistance **R**.

La relation générale pour les jauges est : $\Delta R/R = k \cdot \Delta L/L$ avec **k** le facteur de la jauge qui dépend du matériau de celle-ci.



Corps au repos (pas d'allongement)
Résistance mesurée R_0

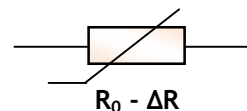
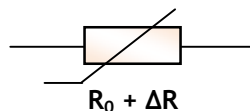


Corps ayant subi un étirement (effort de traction)
Résistance mesurée $R_0 + \Delta R$

Remarque :

Dans le cas d'une contraction, la résistance de la jauge serait $R_0 - \Delta R$.

Symbole :



Modèle de 1 jauge



Modèle de 2 jauges

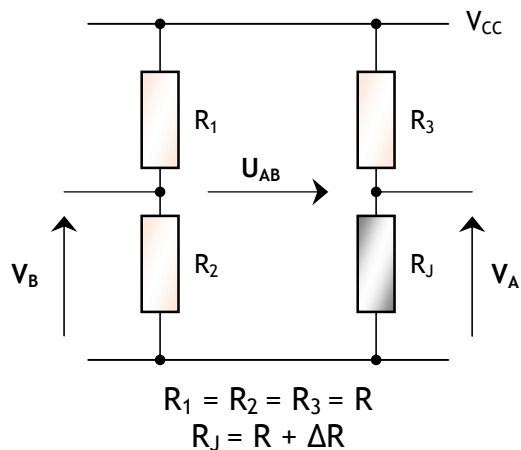


Modèle de 4 jauges

5.3. Conditionnement des jauges « Pont de Wheatstone » :

5.3.1. Le montage quart de pont :

Dans le montage en quart de pont, on ne dispose que d'une jauge ; trois résistances viennent en complément.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

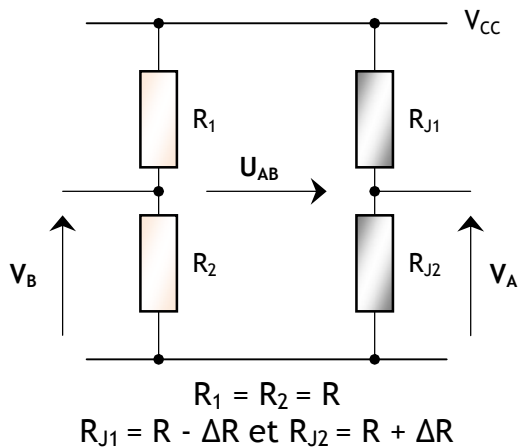
.....

.....

.....

5.3.2. Le montage demi pont :

Pont de Wheatstone composé de 2 jauges et 2 résistances. Il est plus sensible (2 fois plus) que le montage en quart de pont, par contre il est plus cher.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

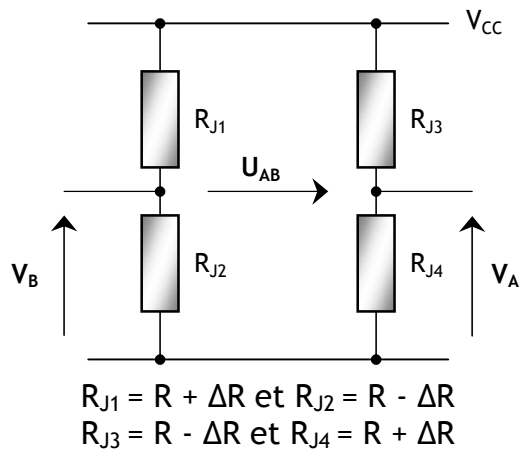
.....

.....

.....

5.3.3. Le pont complet :

Le pont complet de Wheatstone est composé de 4 jauges placées sur le corps d'épreuve. Il est plus précis que le montage en demi pont et encore plus que celui en quart de pont (4 fois plus sensible). Mais c'est le plus cher des 3 montages.



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

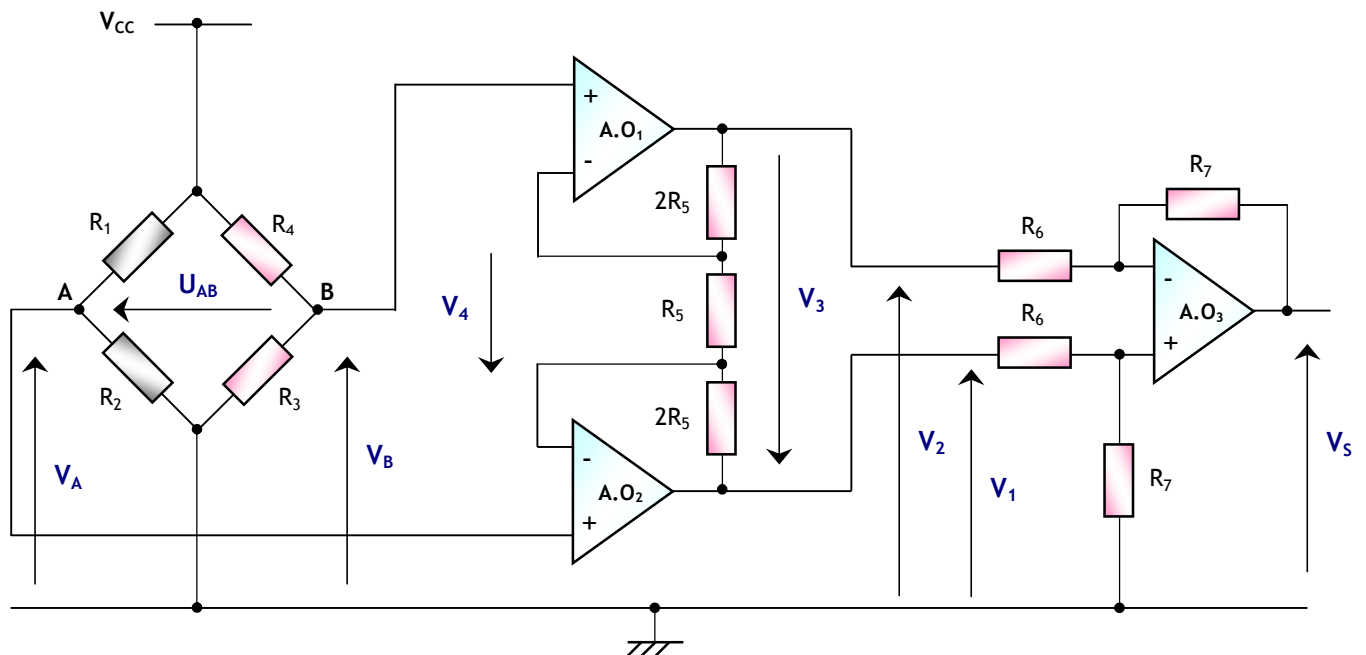
.....

.....

.....

5.3.4. Exemple industriel «Dispositif de pesage d'un peson » :

Le dispositif de pesage est constitué principalement de capteurs de contrainte pour la détection de la masse m . Le montage de mesure est un pont de Wheatstone ; les amplificateurs opérationnels sont supposés parfaits.



Les résistors R_3 et R_4 ont des résistances fixes insensibles aux déformations et leur valeur est $R_3 = R_4 = R$, tandis que les résistors R_1 et R_2 sont des capteurs de contrainte de même valeur que R lorsqu'il n'y a aucune masse à mesurer et ils changent de valeur sous l'action de la masse.

Le tableau suivant récapitule ces mesures :

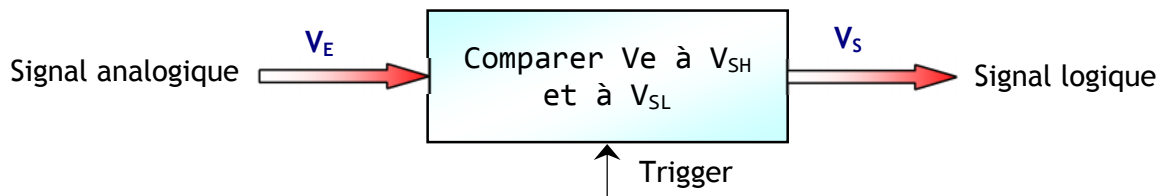
Jauge de contrainte	Aucune masse à mesurer	Sous l'action de la masse m
Valeur de R_1	R	$R - \Delta R$
Valeur de R_2	R	$R + \Delta R$

Avec ΔR la variation de la résistance R sous l'effet de la masse m .

Donner alors l'expression de V_5 en fonction de m - masse à mesurer - sachant que $\Delta R = k_0.m$, k_0 est la sensibilité du capteur.

1. Principe :

Le trigger de Schmitt est un comparateur à deux seuils ; le premier se nomme le point inférieur de basculement V_{SL} et le second le point supérieur de basculement V_{SH} .

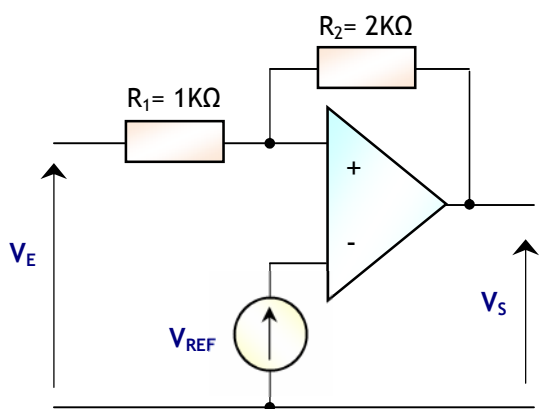


On appelle l'hystérésis H, la différence entre les deux points de basculement :

$$H = V_{SH} - V_{SL}$$

2. Trigger non inverseur :

2.1. fonctionnement :



Le montage est à réaction positive ; donc l'A.Op est en mode de commutation (trigger).

On a :

.....

On a basculement si

Donc :

.....

Pour $V_S = +V_{CC}$; On a basculement pour :

$V_E = V_{E1} = \dots\dots\dots$

Remarque : $V_{E2} > V_{E1}$

V_{E2} est appelée seuil de basculement haut :

$V_{SH} = \dots\dots\dots$

L'hystérésis $H = V_{SH} - V_{SL}$:

$H = \dots\dots\dots$

Pour $V_S = -V_{CC}$; On a basculement pour :

$V_E = V_{E2} = \dots\dots\dots$

V_{E1} est appelée seuil de basculement bas :

$V_{SL} = \dots\dots\dots$

Si $V_{REF} = 0$; alors :

$V_{SH} = \dots\dots\dots$ et $V_{SL} = \dots\dots\dots$

2.2. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 0$:

On donne :

$+V_{CC} = 12\text{ v}$ $-V_{CC} = -12\text{ v}$
 V_E signal triangulaire

Valeur numérique du seuil haut :

$V_{SH} = \dots\dots\dots$

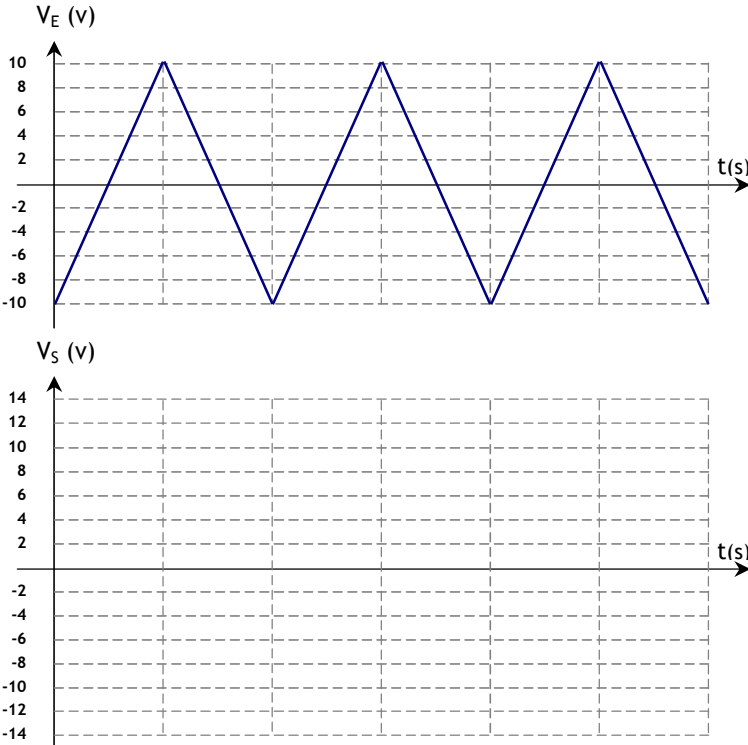
Valeur numérique du seuil bas :

$V_{SL} = \dots\dots\dots$

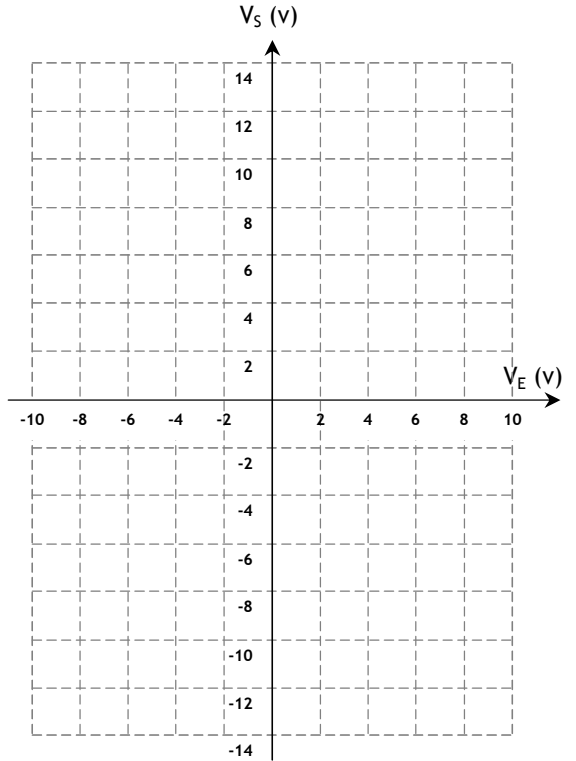
Valeur numérique de l'hystérésis :

$H = \dots\dots\dots$ A.N $H = \dots\dots\dots$

Chronogramme de V_S :



Fonction de transfert $V_S = f(V_E)$:



2.3. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 1,34 \text{ v}$:

On donne :

$+V_{CC} = 12 \text{ v}$ $-V_{CC} = -12 \text{ v}$
 V_E signal triangulaire

Valeur numérique du seuil haut :

$V_{SH} = \dots\dots\dots$

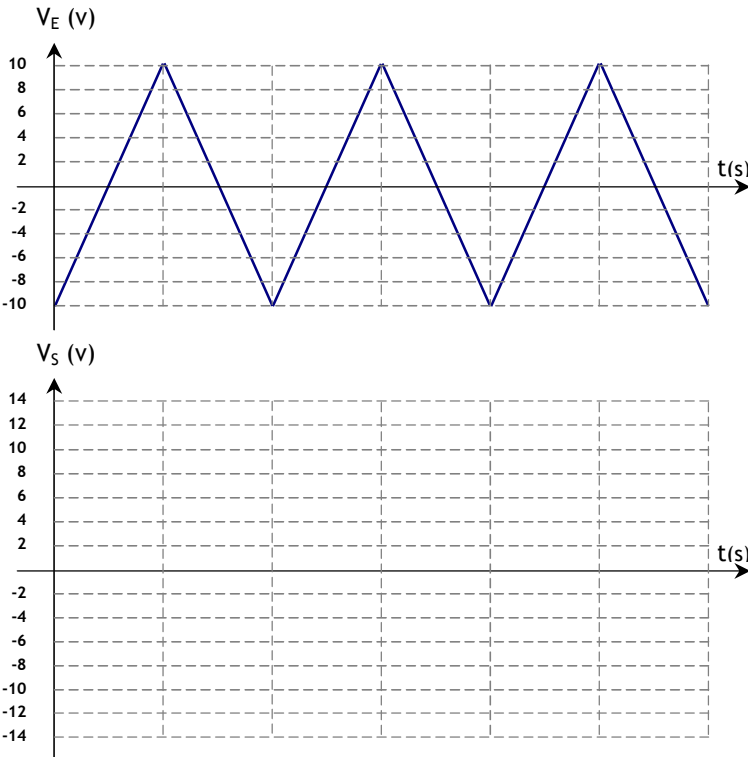
Valeur numérique du seuil bas :

$V_{SL} = \dots\dots\dots$

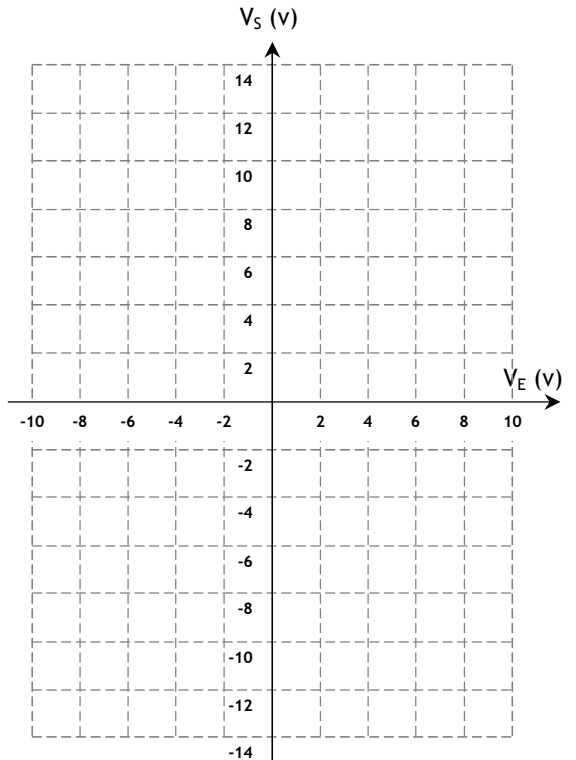
Valeur numérique de l'hystérésis :

$H = \dots\dots\dots \text{ A.N } H = \dots\dots\dots$

Chronogramme de V_S :

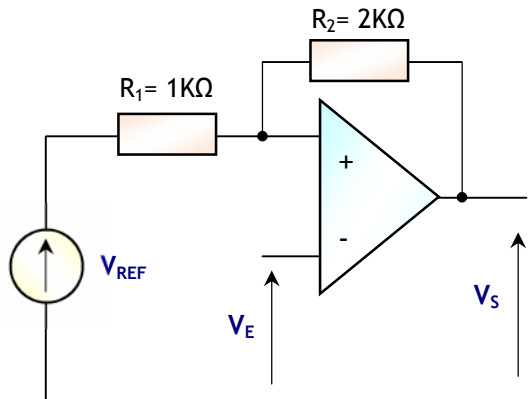


Fonction de transfert $V_S = f(V_E)$:



3. Trigger inverseur :

3.1. fonctionnement :



Le montage est à réaction positive ; donc l'A.Op est en mode de commutation (trigger).

On a :

.....

On a basculement si

Donc :

.....

Pour $V_S = +V_{CC}$; On a basculement pour :

$V_E = V_{E1} =$

Pour $V_S = -V_{CC}$; On a basculement pour :

$V_E = V_{E2} =$

Remarque : $V_{E1} > V_{E2}$

V_{E1} est appelée seuil de basculement haut :

$V_{SH} =$

V_{E2} est appelée seuil de basculement bas :

$V_{SL} =$

L'hystérésis $H = V_{SH} - V_{SL}$:

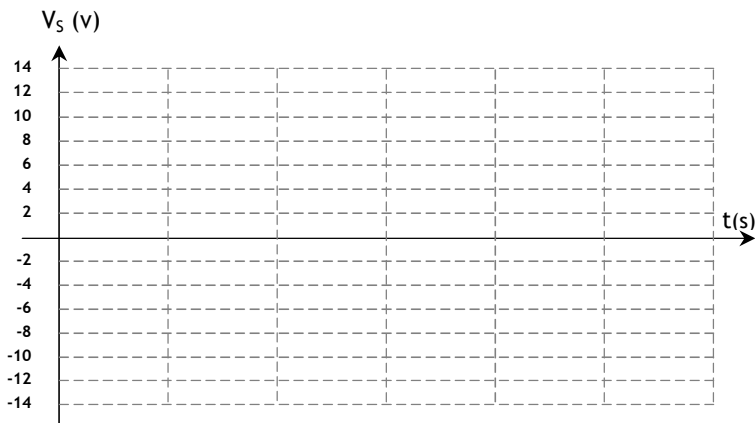
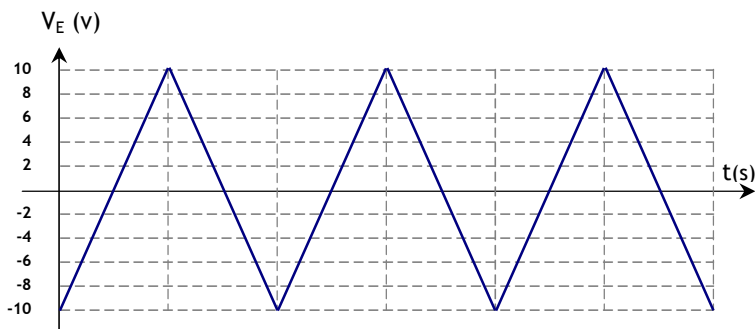
$H =$

Si $V_{REF} = 0$; alors :

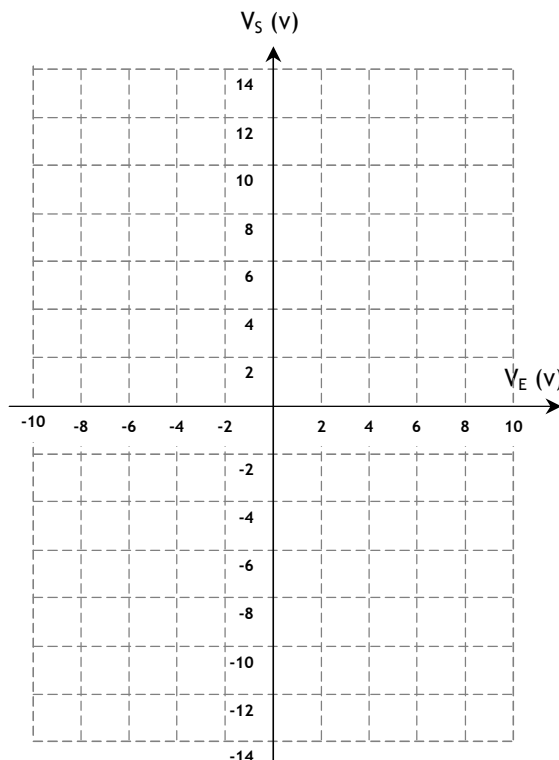
$V_{SH} =$ et $V_{SL} =$

3.2. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 0$:

Chronogramme de V_E :



Fonction de transfert $V_S = f(V_E)$:



On donne :

$$+V_{CC} = 12\text{ v} \quad -V_{CC} = -12\text{ v}$$

V_E signal triangulaire

Valeur numérique du seuil haut :

$$V_{SH} = \dots\dots\dots$$

3.3. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 3\text{ v}$:

On donne :

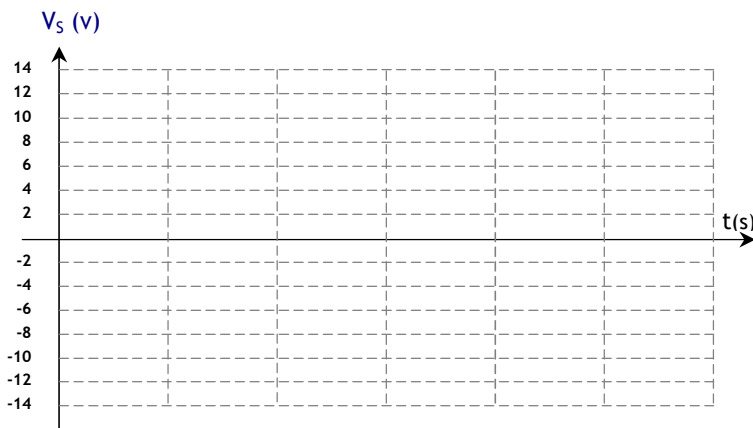
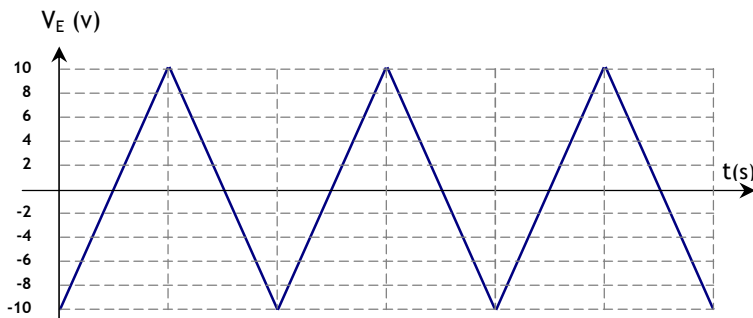
$$+V_{CC} = 12\text{ v} \quad -V_{CC} = -12\text{ v}$$

V_E signal triangulaire

Valeur numérique du seuil haut :

$$V_{SH} = \dots\dots\dots$$

Chronogramme de V_S :



Valeur numérique du seuil bas :

$$V_{SL} = \dots\dots\dots$$

Valeur numérique de l'hystérésis :

$$H = \dots\dots\dots \text{ A.N } H = \dots\dots\dots$$

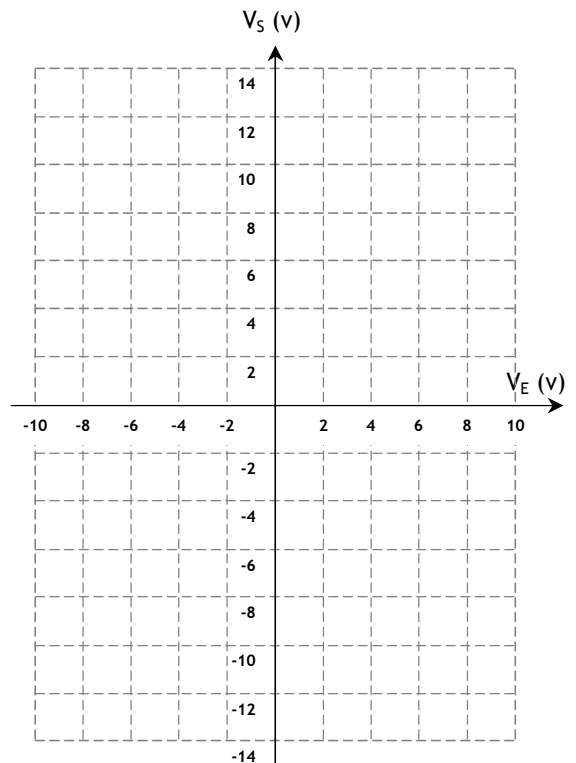
Valeur numérique du seuil bas :

$$V_{SL} = \dots\dots\dots$$

Valeur numérique de l'hystérésis :

$$H = \dots\dots\dots \text{ A.N } H = \dots\dots\dots$$

Fonction de transfert $V_S = f(V_E)$:



Remarque :

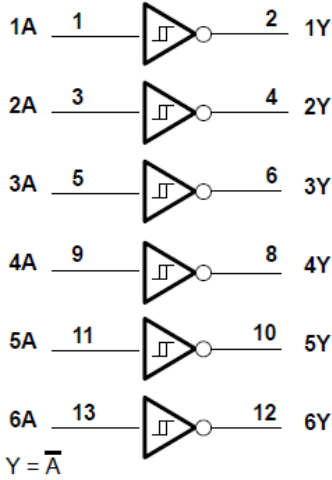
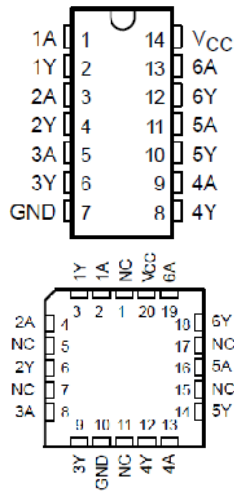
La tension de référence permet de translater les seuils de basculement V_{SH} et V_{SL}

4. Portes logiques triggerisées :

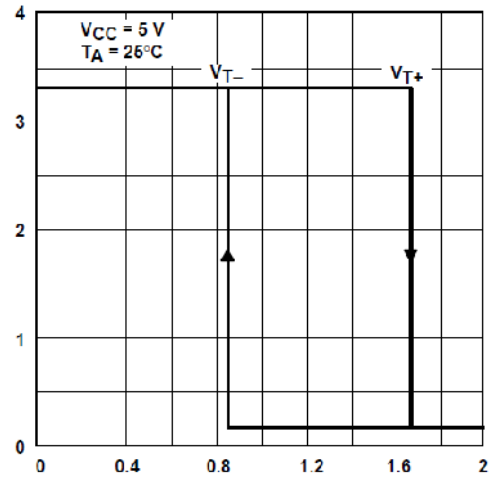
Il existe des circuits logiques spécialisés, aussi bien en technologie TTL que CMOS, remplissant la fonction du trigger de Schmitt. On cite, à titre d'exemple, les circuits logiques SN 74 LS 14 et CD 40 93 BC.

4.1. Circuit logique SN 74 LS 14 :

Il comporte 6 portes logiques inverseuses et triggerisées



Brochage du SN74LS14



Fonction de transfert $V_o = f(V_i)$

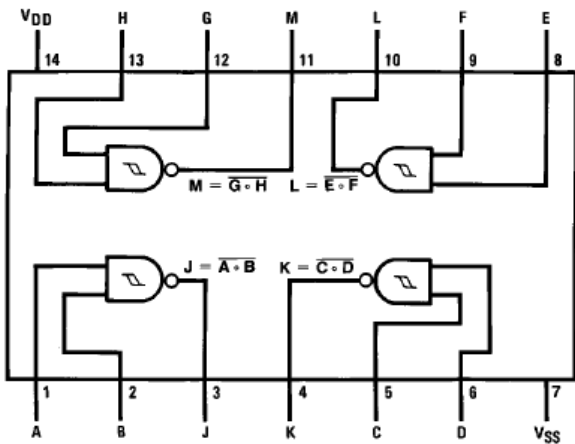
Caractéristiques typiques pour $V_{CC} = 5\text{ v}$ et $T_A = 25^\circ\text{C}$

Seuil haut	$V_{T+} = 1,7\text{ v}$
Seuil bas	$V_{T-} = 0,9\text{ v}$
Hystérésis	$V_H = 0,8\text{ v}$

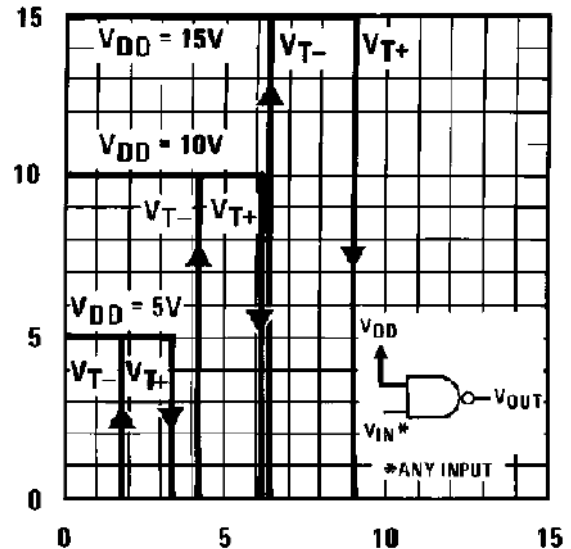
Tension de sortie à l'état haut	$V_{OH} = 3,4\text{ v}$
Tension de sortie à l'état bas	$V_{OL} = 0,2\text{ v}$
Temps de propagation	$t_{PLH} = t_{PHL} = 15\text{ ns}$

4.2. Circuit logique CD 40 93 BC :

Il comporte 4 portes logiques NAND triggérées



Brochage du CD4093BC



Fonction de transfert $V_o = f(V_i)$

Caractéristiques typiques pour $V_{DD} = 5\text{ v}$ et $T_A = 25^\circ\text{C}$

Seuil haut	$V_{T+} = 3,3\text{ v}$
Seuil bas	$V_{T-} = 1,8\text{ v}$
Hystérésis	$V_H = 1,5\text{ v}$

Tension de sortie à l'état haut	$V_{OH} = 5\text{ v}$
Tension de sortie à l'état bas	$V_{OL} = 0\text{ v}$
Temps de propagation	$t_{PLH} = t_{PHL} = 300\text{ ns}$

Caractéristiques typiques pour $V_{DD} = 10\text{ v}$ et $T_A = 25^\circ\text{C}$

Seuil haut	$V_{T+} = 6,2\text{ v}$
Seuil bas	$V_{T-} = 4,1\text{ v}$
Hystérésis	$V_H = 2,1\text{ v}$

Tension de sortie à l'état haut	$V_{OH} = 10\text{ v}$
Tension de sortie à l'état bas	$V_{OL} = 0\text{ v}$
Temps de propagation	$t_{PLH} = t_{PHL} = 120\text{ ns}$

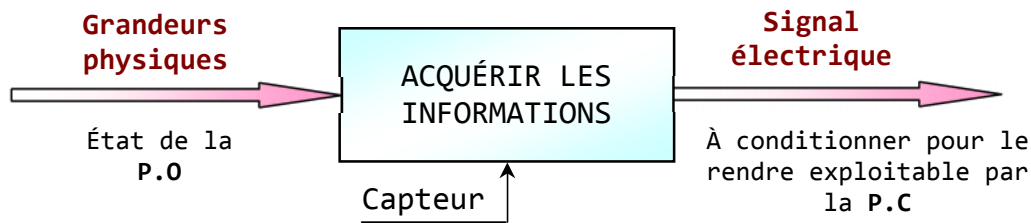
Caractéristiques typiques pour $V_{DD} = 15\text{ v}$ et $T_A = 25^\circ\text{C}$

Seuil haut	$V_{T+} = 9\text{ v}$
Seuil bas	$V_{T-} = 6,3\text{ v}$
Hystérésis	$V_H = 2,7\text{ v}$

Tension de sortie à l'état haut	$V_{OH} = 15\text{ v}$
Tension de sortie à l'état bas	$V_{OL} = 0\text{ v}$
Temps de propagation	$t_{PLH} = t_{PHL} = 80\text{ ns}$

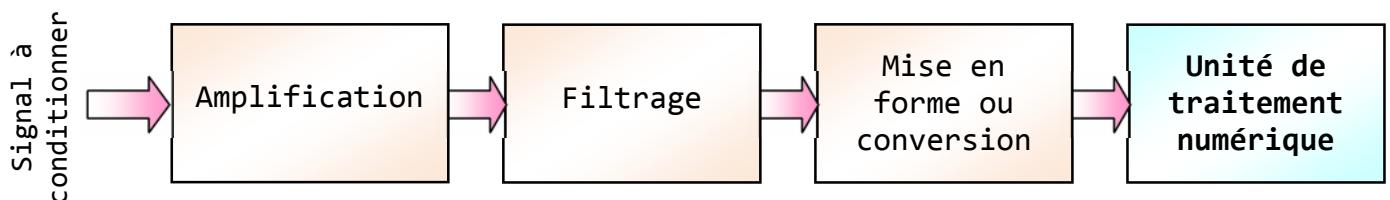
1. Introduction :

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique (lumière, température, pression ...) à qui il est soumis, en image électrique (tension, courant, résistance...).



Le conditionneur d'un capteur a pour rôle principale de produire une tension image de la grandeur physique mesurée à partir de la grandeur électrique de sortie du capteur.

2. Les fonctions de base d'une chaîne d'acquisition :

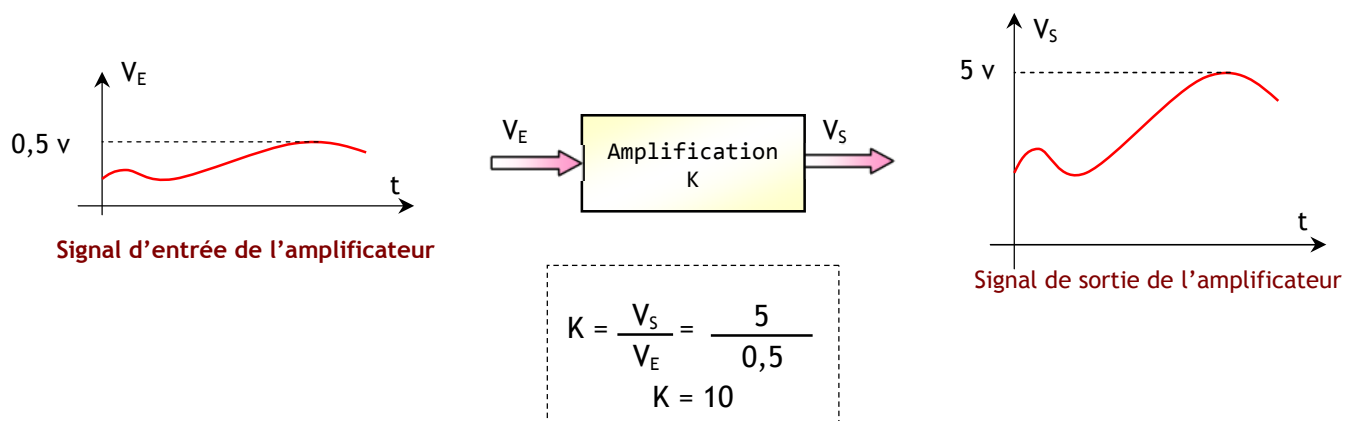


L'objectif du conditionnement du signal est d'adapter le signal électrique pour lui donner la forme la plus appropriée pour son traitement. Cette fonction permet donc :

- Amplifier le signal ;
- Filtrer les signaux ;
- Convertir en signaux numériques les grandeurs électriques analogiques ;
- Mettre en forme les grandeurs électriques.

2.1. La fonction 'Amplification' :

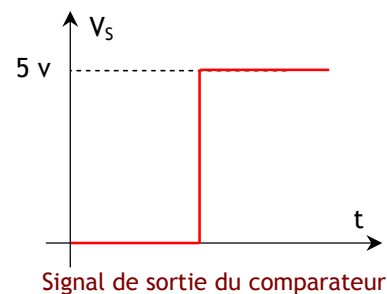
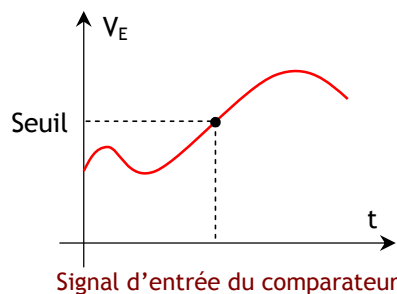
L'amplification se résume par une simple multiplication du signal d'entrée par un coefficient K . L'amplification se justifie dans les cas où le signal est très faible. Par exemple, un capteur fournit quelques millivolts, alors que l'on a besoin de plusieurs volts.



2.2. La fonction 'Mise en forme par comparateur à un seuil' :

Cette fonction correspond à une conversion d'un signal analogique en un signal logique. En effet, le comparateur à un seuil consiste à comparer le signal analogique d'entrée par rapport un seuil de référence :

- Si ce seuil est atteint, alors la sortie du comparateur est à un niveau logique ;
- Si ce seuil n'est pas atteint, alors la sortie du comparateur est à l'autre niveau logique.

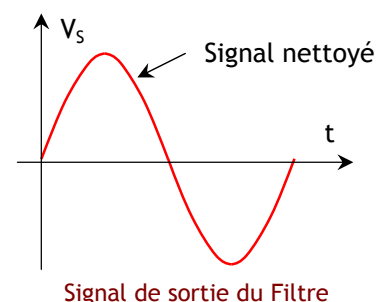
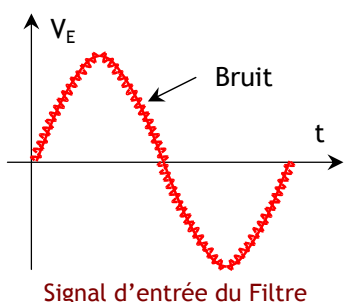


2.3. La fonction ' Filtrage' :

Le filtrage consiste en une structure adaptée et calculée, qui laissera passer certains signaux et pas d'autres.

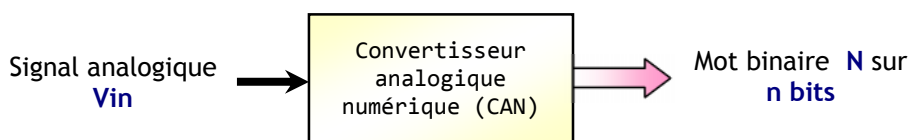
Les filtres permettent de "nettoyer" le signal d'un capteur en supprimant (complètement ou partiellement) le bruit qui y est superposé.

Pour qu'un filtrage puisse améliorer le rapport signal sur bruit, le contenu fréquentiel du bruit doit être distinct de celui du signal d'intérêt.



2.4. La fonction 'Conversion A-N' :

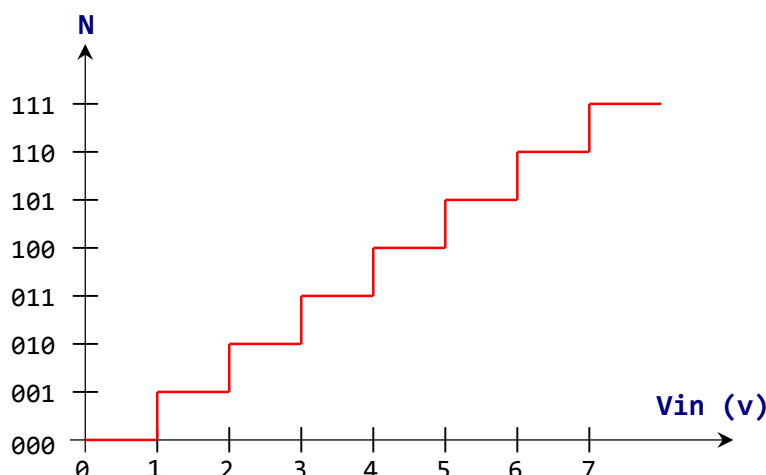
Un convertisseur analogique numérique est un dispositif qui permet de convertir un signal analogique à son homologue numérique sur n bits.



$$N = \frac{V_{in}}{K}$$

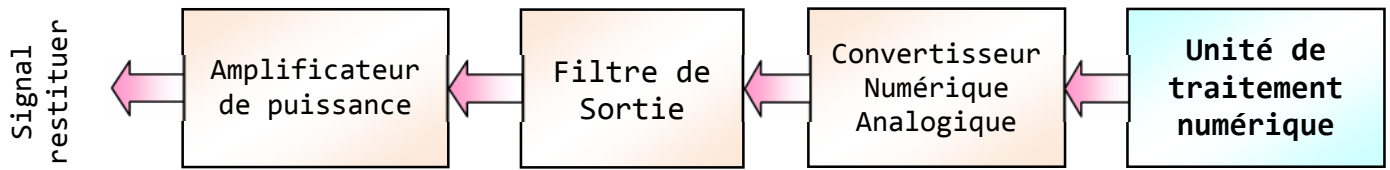
K : résolution du CAN en V
N : en décimal

Remarque : Les CAN permettent à l'Unité de traitement de traiter des signaux analogiques



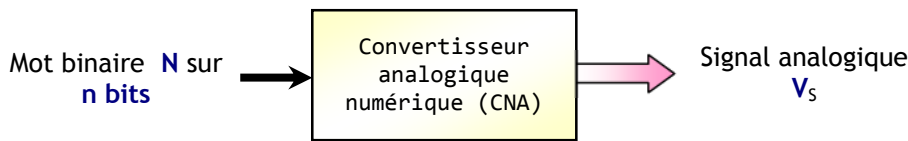
Fonction de transfert d'un C.A.N 3 bits avec une résolution K de 1 v

3. Les fonctions de base d'une chaîne de restitution :



3.1. Convertisseur N-A :

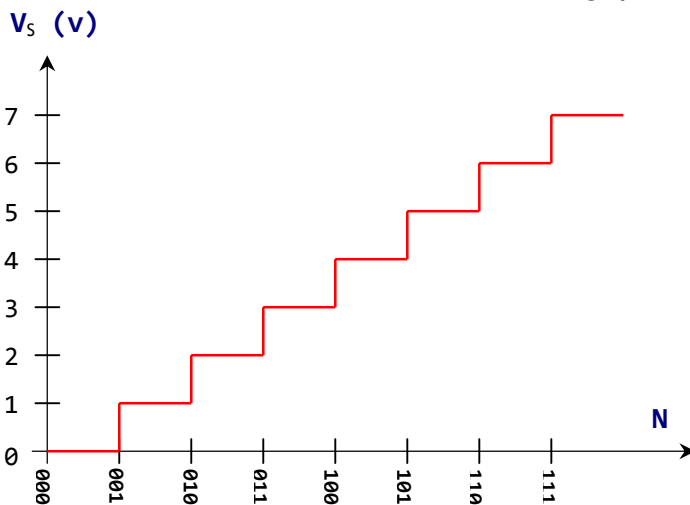
Un convertisseur numérique analogique est un dispositif qui permet de convertir un signal numérique sur n bits à son homologue analogique.



$$V_s = K.N$$

K : résolution du CAN en V
N : en décimal

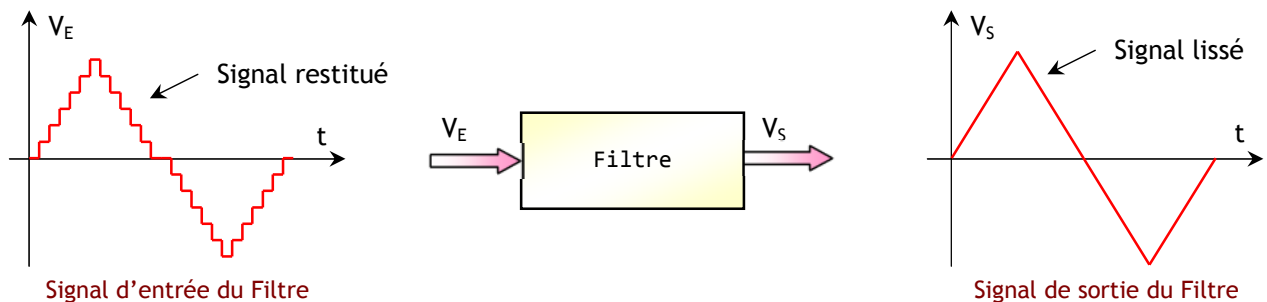
Remarque : Les CNA permettent à l'Unité de traitement de commander des dispositifs analogiques



Fonction de transfert d'un C.N.A 3 bits avec une résolution K de 1 v

3.2. Filtre de Sortie :

Son rôle est de « lisser » le signal de sortie pour ne restituer que le signal utile. Il a les mêmes caractéristiques que le filtre d'entrée.



3.3. Amplificateur de puissance :

Il adapte la sortie du filtre à la charge (adaptation d'impédance, amplification de tension et de courant).

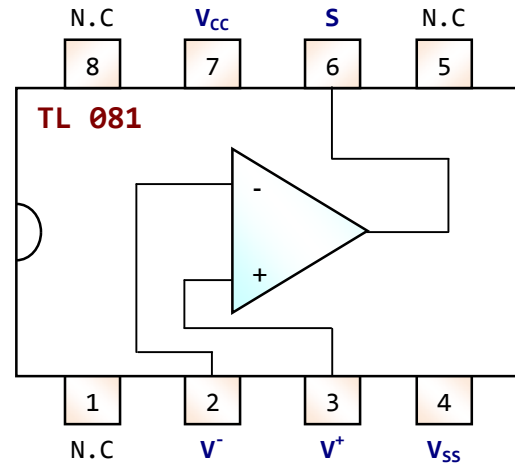
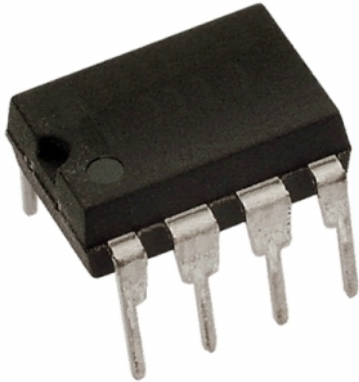
1. Introduction :

L'amplificateur opérationnel est un composant intégré constitué d'un assemblage de transistors et de résistances.

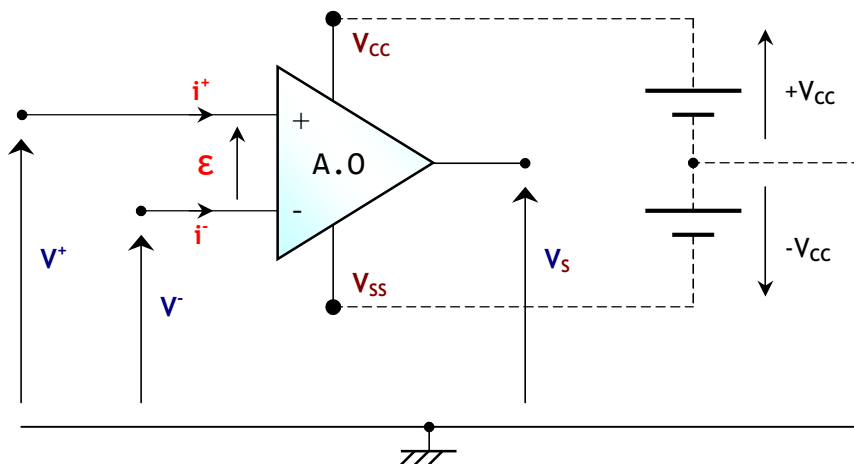
Il est muni de 3 bornes de raccordements fonctionnelles : deux entrées + et - et une sortie et il possède 2 bornes d'alimentation dont la tension est en général symétrique $\pm 5\text{ v}$, $\pm 10\text{ v}$, $\pm 12\text{ v}$, $\pm 15\text{ v}$... dont le point médian (0 v) constitue la référence des tensions (MASSE).

Dans certains cas l'alimentation peut aussi être dissymétrique, par exemple : 0 v - 5 v.

Brochage du TL 081 :

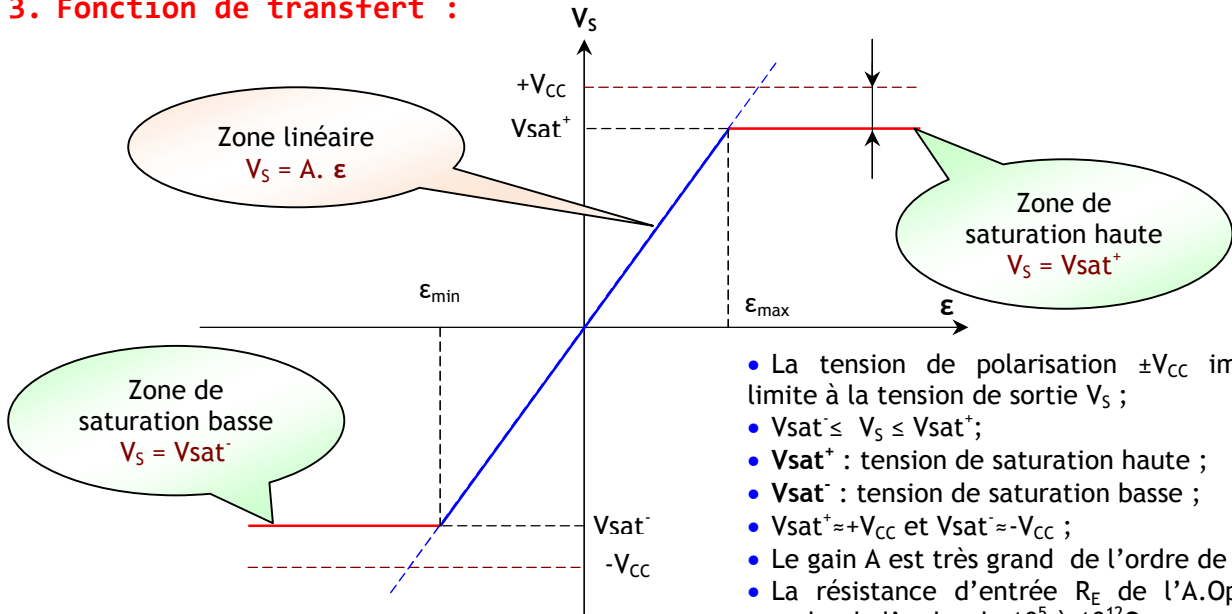


2. Représentation symbolique :



- V^+ : tensions d'entrée non inverseuse ;
- V^- : tensions d'entrée inverseuse ;
- V_s : tension de sortie ;
- V_{cc} : alimentation positive (haute) ;
- V_{ss} : alimentation négative (basse) ;
- ϵ : tension différentielle ($\epsilon = V^+ - V^-$) ;
- i^+ : courants d'entrée non inverseuse ;
- i^- : courants d'entrée inverseuse ;
- On a : $V_s = A \cdot (V^+ - V^-) = A \cdot \epsilon$
- A : est le facteur d'amplification ;
- L'amplificateur opérationnel est donc un amplificateur différentiel.

3. Fonction de transfert :



- La tension de polarisation $\pm V_{CC}$ impose une limite à la tension de sortie V_S ;
- $V_{sat^-} \leq V_S \leq V_{sat^+}$;
- V_{sat^+} : tension de saturation haute ;
- V_{sat^-} : tension de saturation basse ;
- $V_{sat^+} \approx +V_{CC}$ et $V_{sat^-} \approx -V_{CC}$;
- Le gain A est très grand de l'ordre de 10^5 à 10^7 ;
- La résistance d'entrée R_E de l'A.Op est très grande de l'ordre de 10^5 à $10^{12}\Omega$.

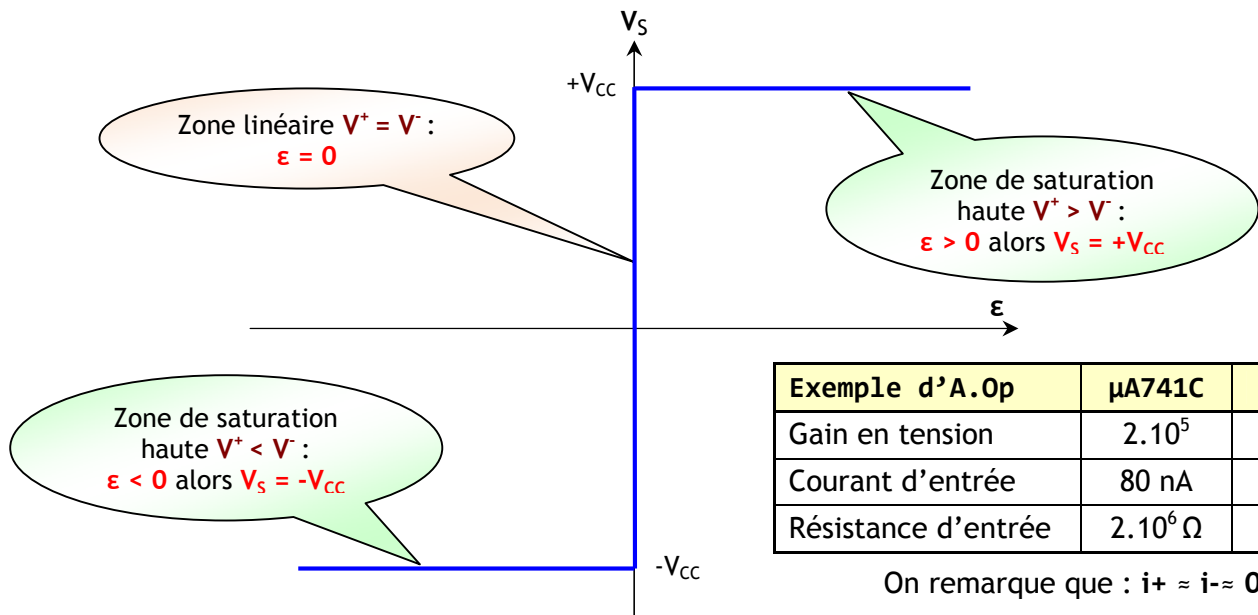
On distingue donc 2 régimes de fonctionnement :

- régime linéaire :
 $V_{sat^+} \leq V_S \leq V_{sat^-}$ alors $V_S = A \cdot \epsilon$.
- régime de saturation :
 $V_S = +V_{CC}$ lorsque $A \cdot \epsilon \geq +V_{CC}$;
 $V_S = -V_{CC}$ lorsque $-A \cdot \epsilon \leq -V_{CC}$.

Pour $\pm V_{CC} = \pm 15v$ et $A = 10^5$

- $V_{sat^+} \approx +V_{CC} \approx +15v$ et $V_{sat^-} \approx -V_{CC} \approx -15v$;
- $\epsilon_{max} = 15/10^5 \rightarrow \epsilon_{max} = 0,15mV$;
- $\epsilon_{min} = -15/10^5 \rightarrow \epsilon_{min} = -0,15mV$;
- $\Delta\epsilon_{max} = \epsilon_{max} - \epsilon_{min} = 0,30 mV$;
- Donc $\epsilon \approx 0$ (dans la zone linéaire).

4. Règles de simplification pour circuits avec A.O :



Exemple d'A.Op	μA741C	TL081C
Gain en tension	$2 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$
Courant d'entrée	80 nA	30 pA
Résistance d'entrée	$2 \cdot 10^6 \Omega$	$10^{12} \Omega$

On remarque que : $i_+ \approx i_- \approx 0$.

- $V_{sat^+} = +V_{CC}$ et $V_{sat^-} = -V_{CC}$;
- la résistance d'entrée $R_E = \infty$;
- $i_+ \approx i_- \approx 0$;
- le gain $A = \infty$;
- régime linéaire :

$$\epsilon = 0 \rightarrow V^+ = V^-$$

- régime de saturation :

$$\begin{aligned} \text{Si } \epsilon > 0 &\rightarrow V^+ - V^- > 0 \rightarrow V^+ > V^- \rightarrow V_S = +V_{CC} \\ \text{Si } \epsilon < 0 &\rightarrow V^+ - V^- < 0 \rightarrow V^+ < V^- \rightarrow V_S = -V_{CC} \end{aligned}$$

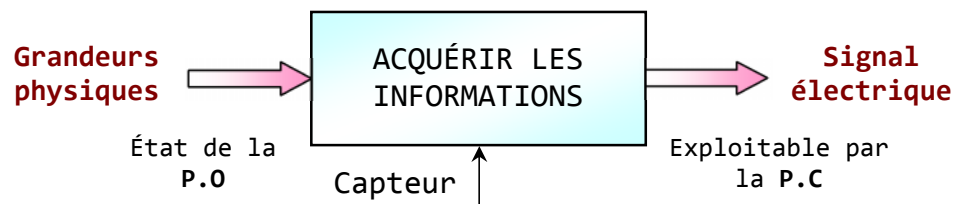
1 STE	Acquérir les informations Prof : MAHBAB	L.T.Q.M
Rappel n°3	Généralités sur les capteurs Poste automatique de séchage et d'évacuation	Page 1/2

1. Définition :

Un capteur est un dispositif qui transforme une grandeur physique (lumière , température , pression ..) à qui il est soumis , en image électrique (tension , courant , impédance..).

Si la grandeur physique est désignée par m comme mesurande, l'image électrique est désignée par R , on aura :

- $R = f(m)$;
- R : Grandeur de sortie ou réponse du capteur ;
- m : Grandeur d'entrée ou mesurande.



2. Réponse d'un capteur :

La mesure de R doit permettre de connaître la valeur de m . La relation $R = f(m)$ résulte des lois physiques qui régissent le capteur. Pour faciliter l'exploitation on s'efforce de réaliser le capteur ou l'utiliser en sortie qu'il établit une relation linéaire entre R la grandeur de sortie et m la grandeur d'entrée : $\Delta S = s \Delta m$ s : sensibilité du capteur.

3. Différents type de capteurs :

Le capteur se présente vu de sa sortie :

- Soit comme un **générateur**, R étant alors une charge, une tension ou un courant, le capteur est dit alors capteur **actif** ;
- Soit comme une **impédance**, R étant alors une résistance, une inductance ou une capacité, le capteur est dit alors capteur **passif**.

Il existe différents types de sortie de capteur :

- Capteur tout ou rien : la sortie présente un niveau bas et un niveau haut ;
- Capteur analogique : les informations acquises par le capteur sont délivrées sous forme analogique ;
- Capteur numérique : les informations acquises par le capteur sont délivrées sous formes numérique et peuvent être traités directement par un calculateur.

4. Caractéristiques d'un capteur :

Certains paramètres sont communs à tous les capteurs. Ils caractérisent les contraintes de mise en œuvre et permettent le choix d'un capteur :

- **L'étendue de la mesure :**

C'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.

- **La sensibilité :**

Ce paramètre caractérise la capacité du capteur à détecter la plus petite variation de la grandeur à mesurer. C'est le rapport entre la variation ΔR du signal électrique de sortie pour une variation donnée Δm de la grandeur physique d'entrée : $s = \Delta S / \Delta m$

- **La fidélité :**

Un capteur est dit fidèle si le signal qu'il délivre en sortie ne varie pas dans le temps pour une série de mesures concernant la même valeur de la grandeur physique d'entrée. Il caractérise l'Influence du vieillissement.

- **Le temps de réponse :**

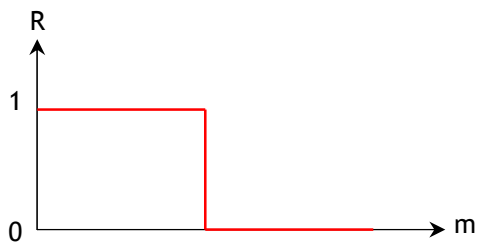
C'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information est prise en compte par la partie commande.

- **Linéarité :**

Le capteur est linéaire dans une plage déterminée du mesurande, si sa sensibilité est indépendante de la valeur du mesurande, alors le signal électrique tout le long de la chaîne de mesure est proportionnel à la variation du mesurande.

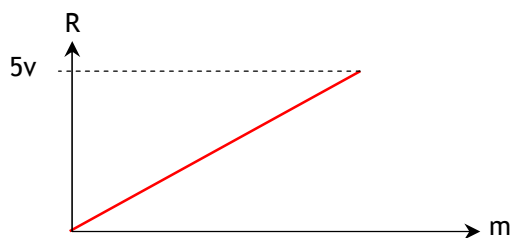
5. Différents type de signaux délivrés par un capteur :

5.1. Le signal logique :



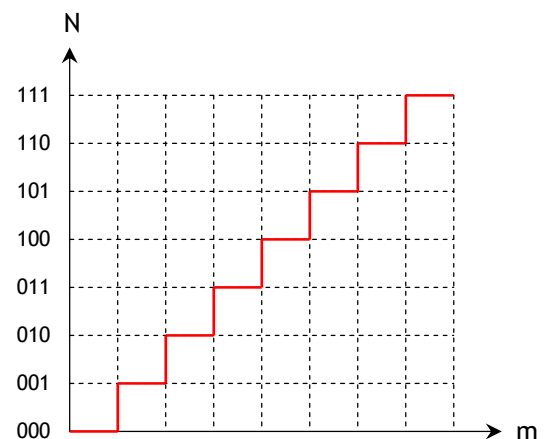
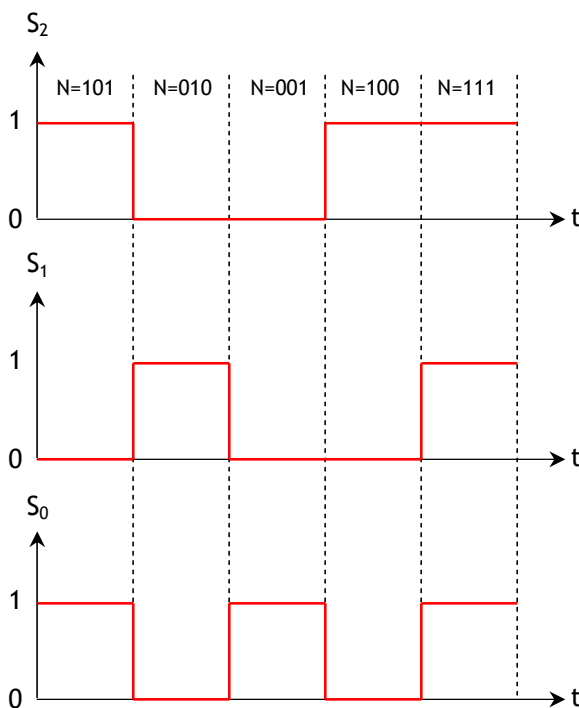
Ce signal ne peut prendre que deux valeurs binaires « 1 » ou « 0 » (vrai ou faux, présent ou absent). Il est appelé tout ou rien (T.O.R).

5.2. Le signal analogique :



Ce signal électrique est proportionnel au phénomène physique mesuré. L'utilisation d'un capteur analogique n'est pas possible avec des systèmes numériques.

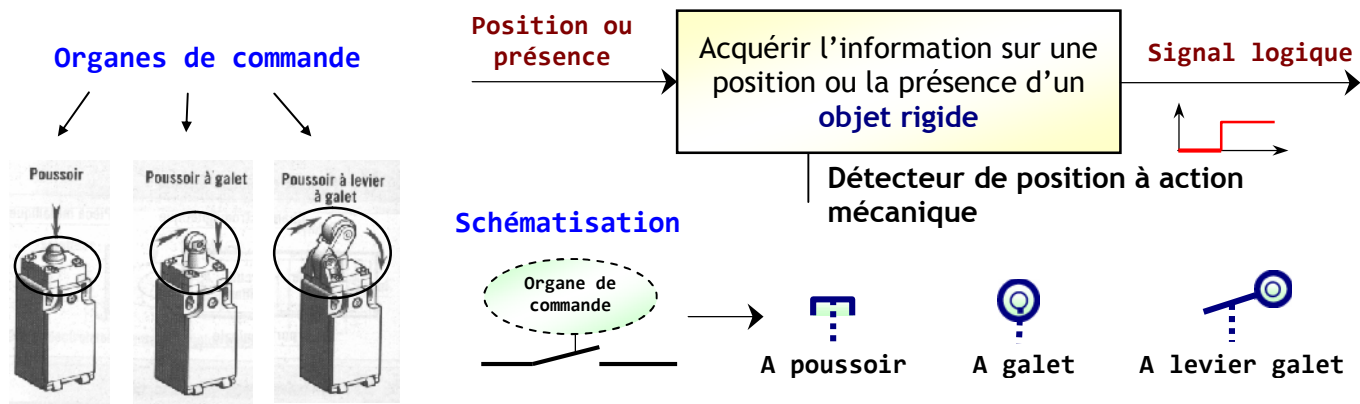
5.3. Le signal numérique :



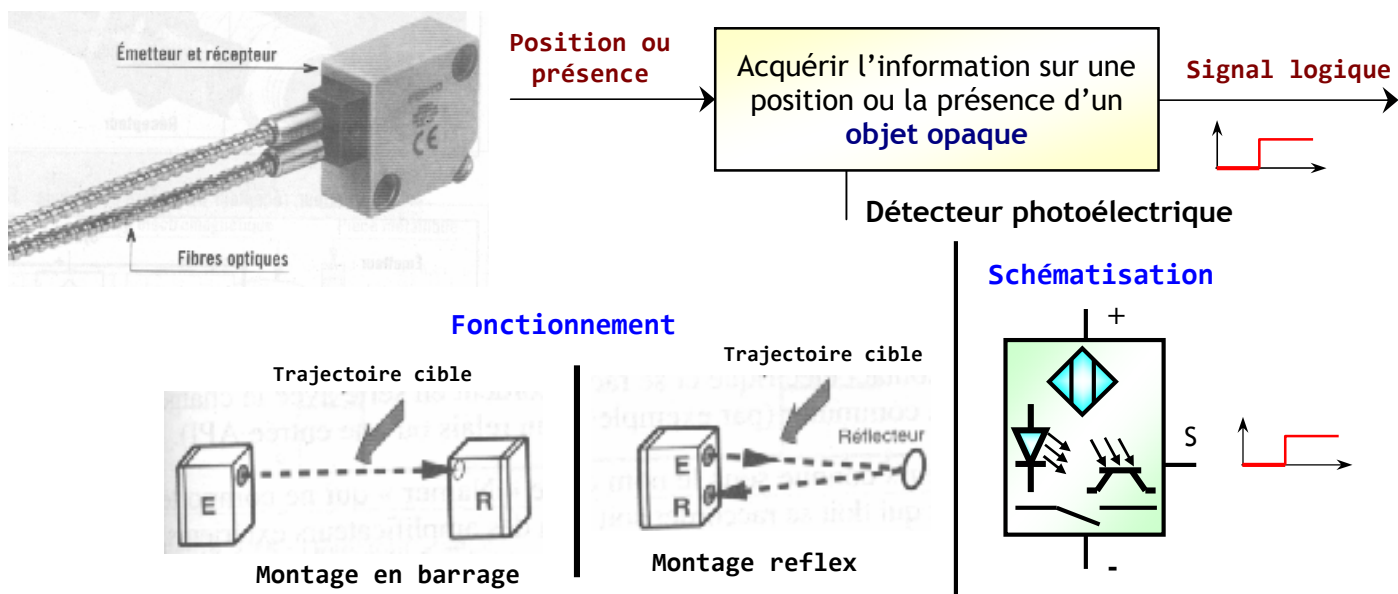
Signal numérique sur 3 bits

- Ce signal est une combinaison d'état logique ;
- À chaque combinaison, correspond une valeur en tension ;
- Le capteur numérique présente l'avantage d'être utilisable par des systèmes numériques ;
- La précision obtenue dépend de la résolution du capteur.

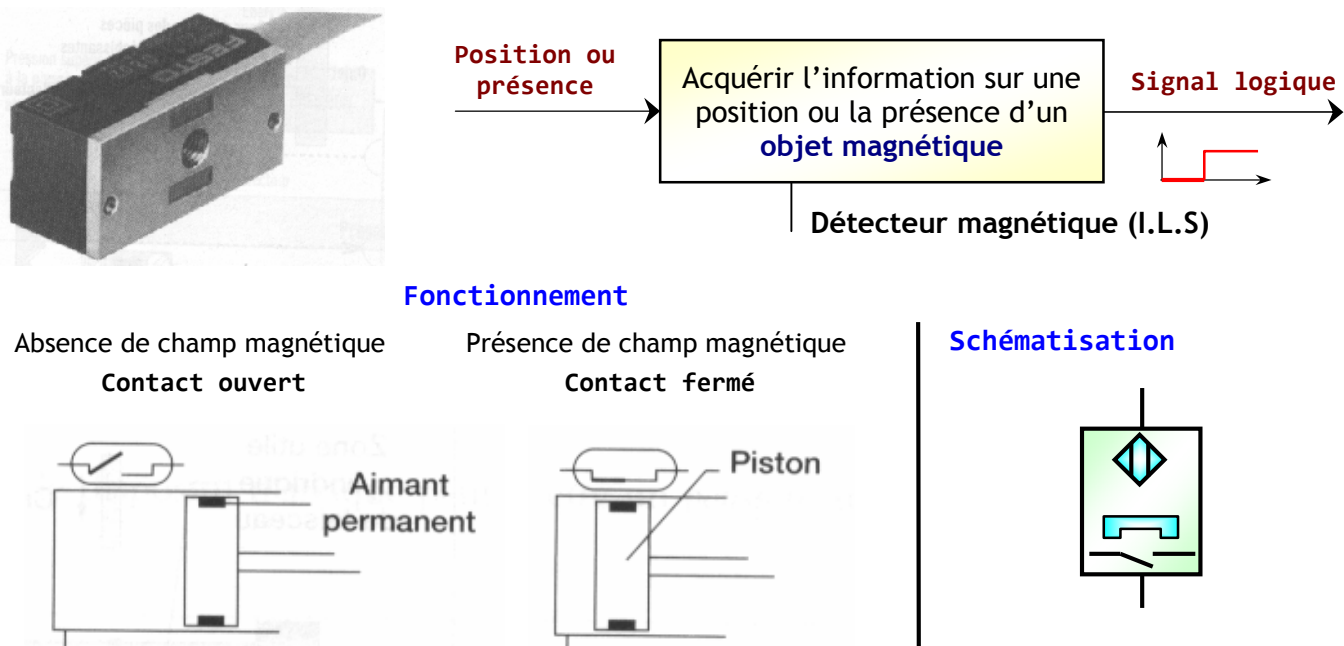
1. Détecteur (ou interrupteur) de position à action mécanique :



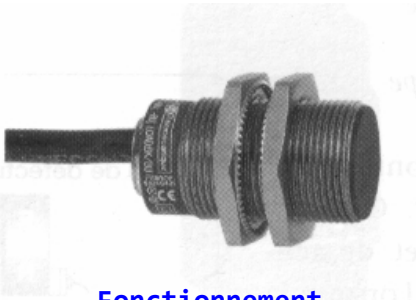
2. Détecteur de proximité photoélectrique (montage barrage ou reflex) :



3. Détecteur magnétique ou interrupteur à lame souple (I.L.S) :

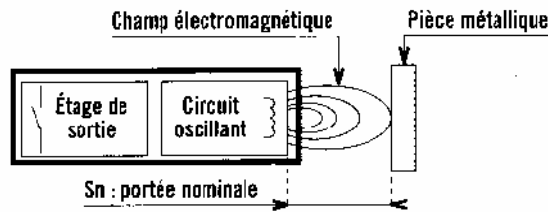
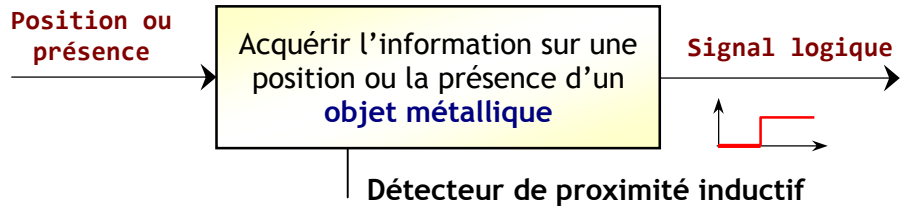


4. Détecteur de proximité inductif :

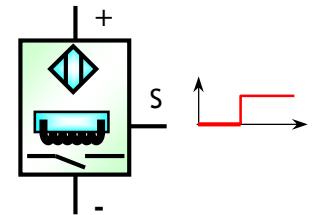


Fonctionnement

Lorsque la pièce métallique est placée dans le champ électromagnétique, des courants induits arrêtent les oscillations



Schématisation

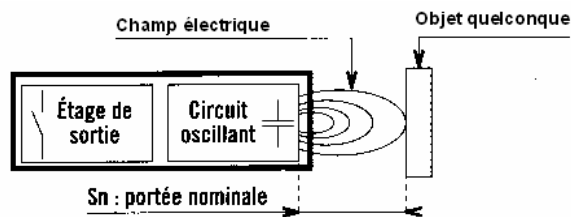
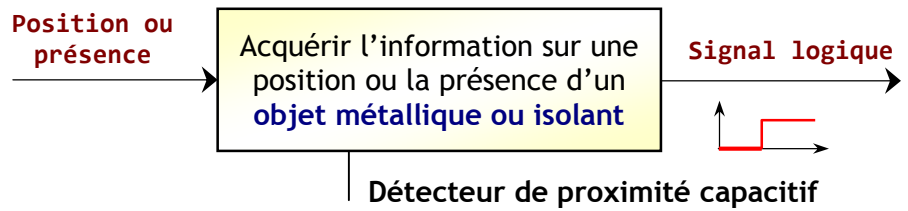


5. Détecteur de proximité capacitif :

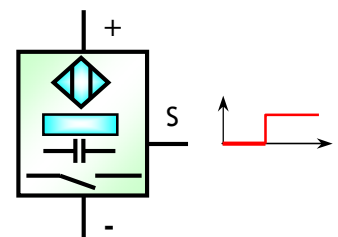


Fonctionnement

Lorsque la pièce est placée dans le champ électrique, les oscillations s'arrêtent.



Schématisation



6. Caractéristiques des capteurs de proximité :

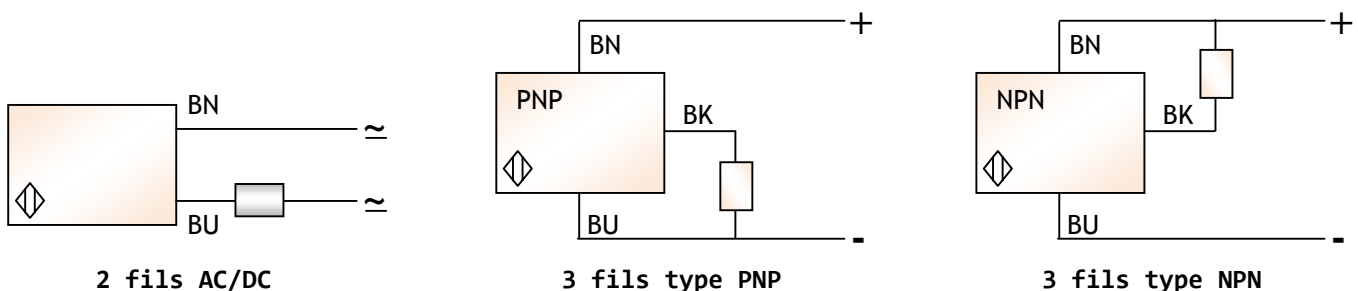
Le choix d'un détecteur de proximité dépend :

- de la nature du matériau constituant l'objet à détecter ;
- de la distance de l'objet à détecter ;
- des dimensions de l'emplacement disponible pour implanter le détecteur.

Tension d'alimentation :

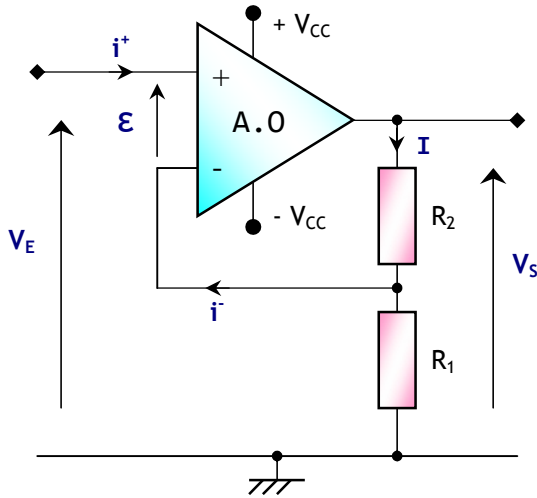
- de 12v à 48v continu ;
- de 24v à 240v alternatif.

Technique de raccordement 2 fils et 3 fils :



1. Amplificateur non inverseur :

1.1. Schéma du montage :



- $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$;
- $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$;
- R_2 est ajustée à $49 \text{ K}\Omega$;
- $V_E(t) = 40 \sin(2\pi f.t)$;
- V_E en mV.

1.2. Expression de l'amplification A :

.....

.....

.....

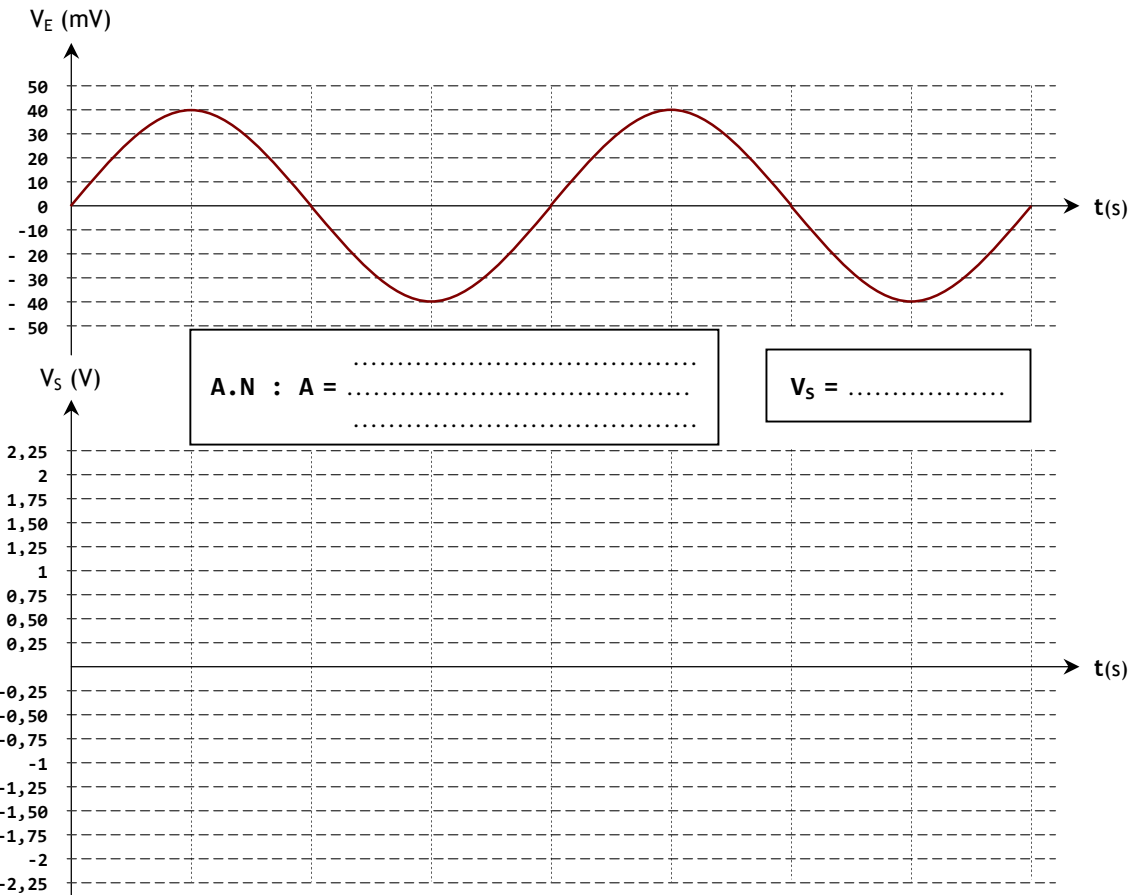
.....

.....

.....

.....

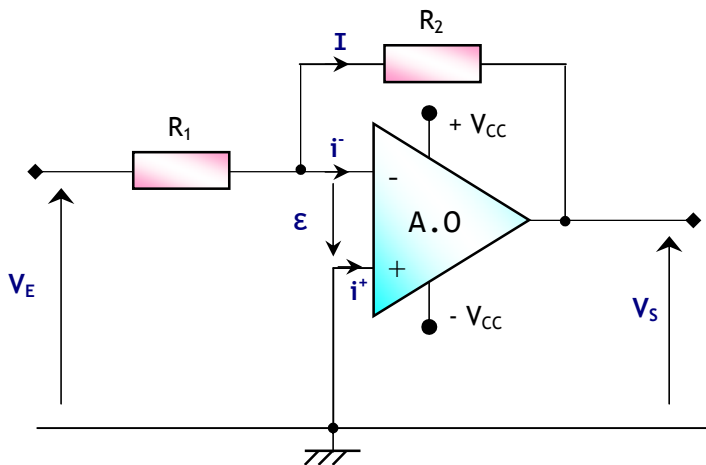
1.3. Chronogramme de $V_S(t)$:



Remarque :

2. Amplificateur inverseur :

2.1. Schéma du montage :



- $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$;
- $R_1 = 1 \text{ K}\Omega$;
- $R_2 = 100 \text{ K}\Omega$;
- $V_E(t) = 40 \sin (2\pi f.t)$;
- V_E en mV.

2.2. Expression de l'amplification A :

.....

.....

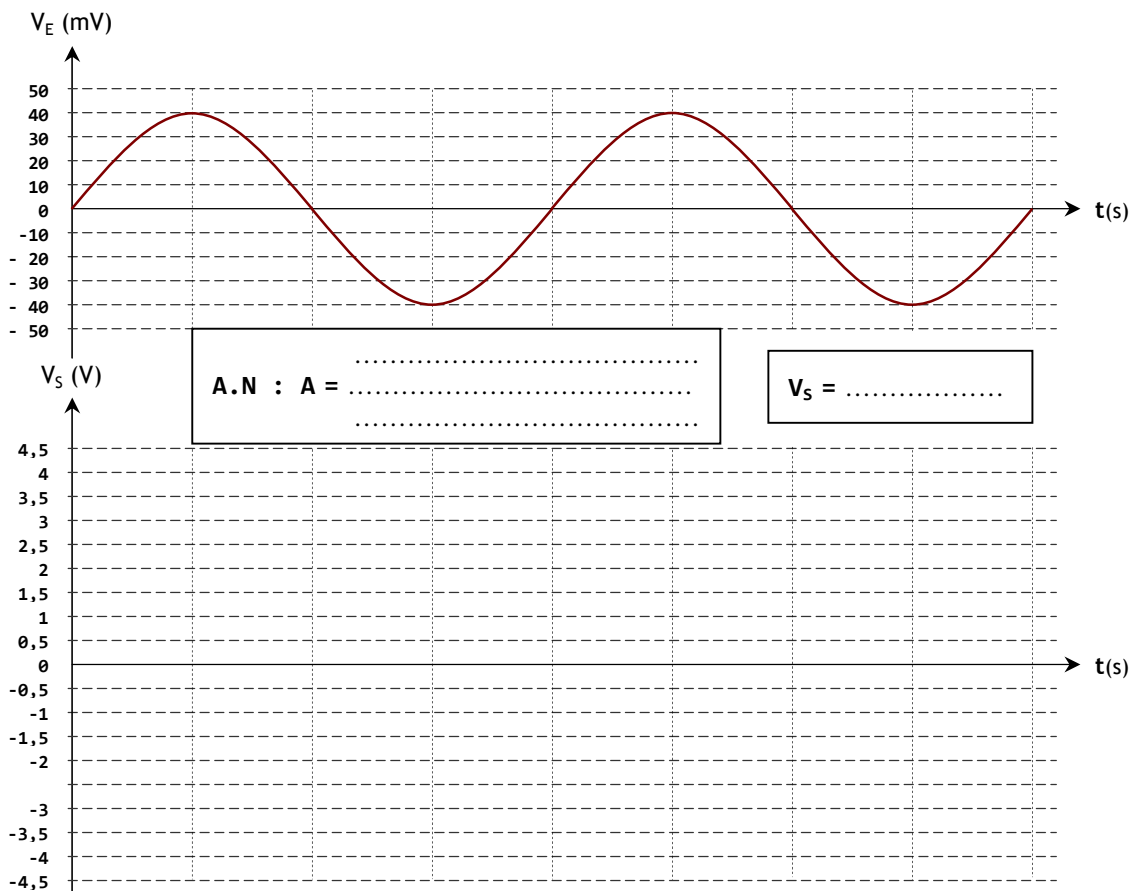
.....

.....

.....

.....

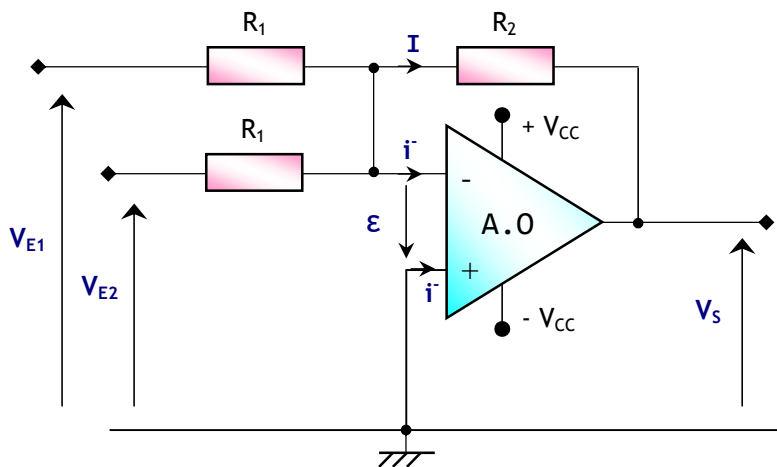
2.3. Chronogramme de $V_S(t)$:



Remarque :

3. Additionneur inverseur :

3.1. Schéma du montage :



- $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$;
- $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$;
- $R_2 = 100 \text{ K}\Omega$;
- $V_{E1}(t) = 0,4 \sin(2\pi f.t) - V^-$;
- $V_{E2}(t) = 0,5 \text{ V}$.

3.2. Expression de l'amplification A :

.....

.....

.....

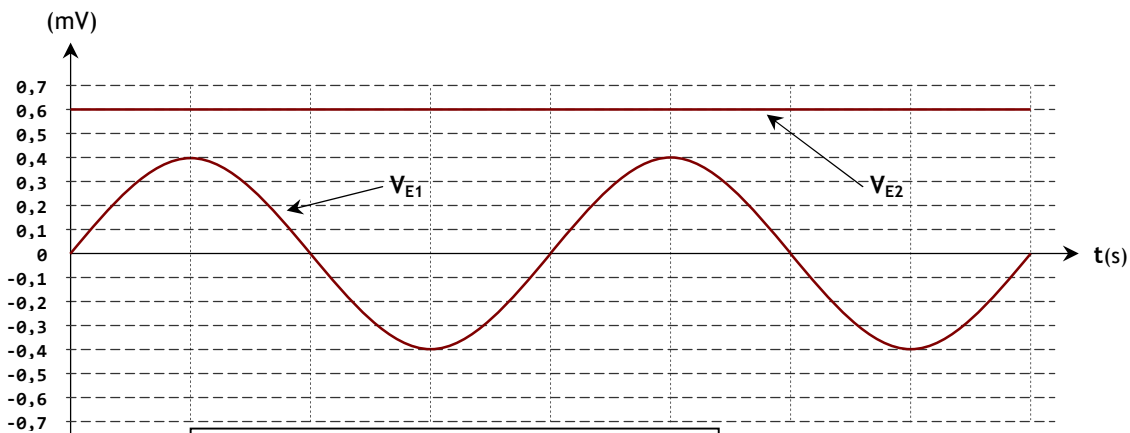
.....

.....

.....

.....

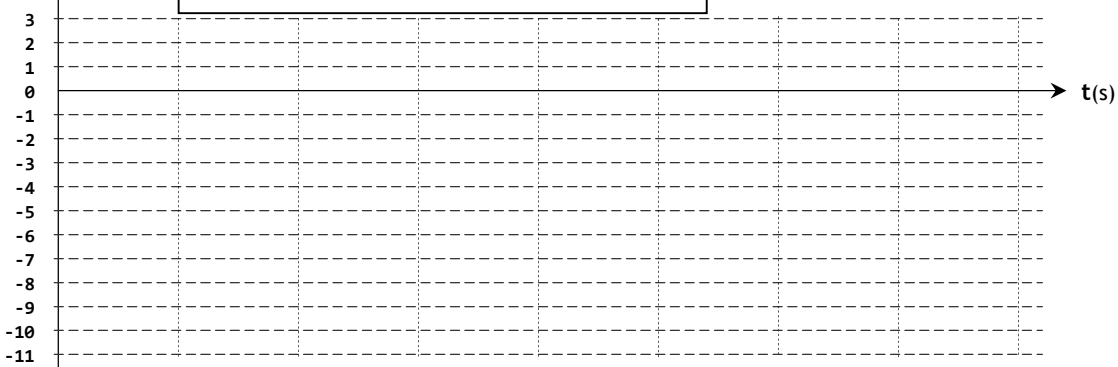
3.3. Chronogramme de $V_s(t)$:



V_s (V)

A.N : A =

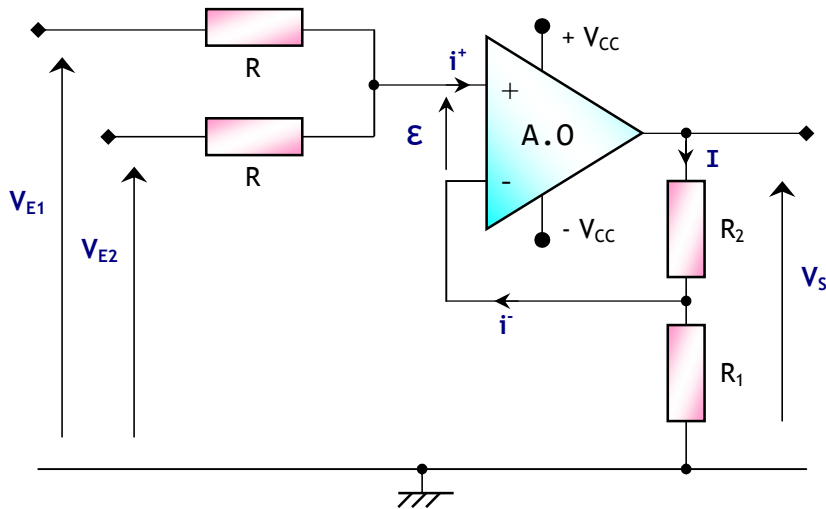
$V_s = \dots\dots\dots$



Remarque :

4. Additionneur non inverseur :

4.1. Schéma du montage :



- $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$;
- $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$;
- $R_2 = 10 \text{ K}\Omega$;
- $V_{E1}(t) = 5 \sin(2\pi f.t) - V$;
- $V_{E2}(t) = 5 \text{ V}$.

4.2. Expression de l'amplification A :

.....

.....

.....

.....

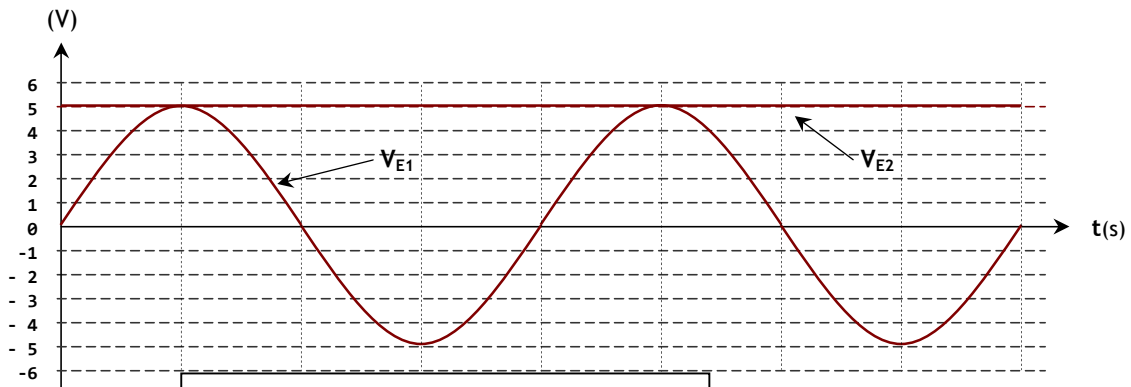
.....

.....

.....

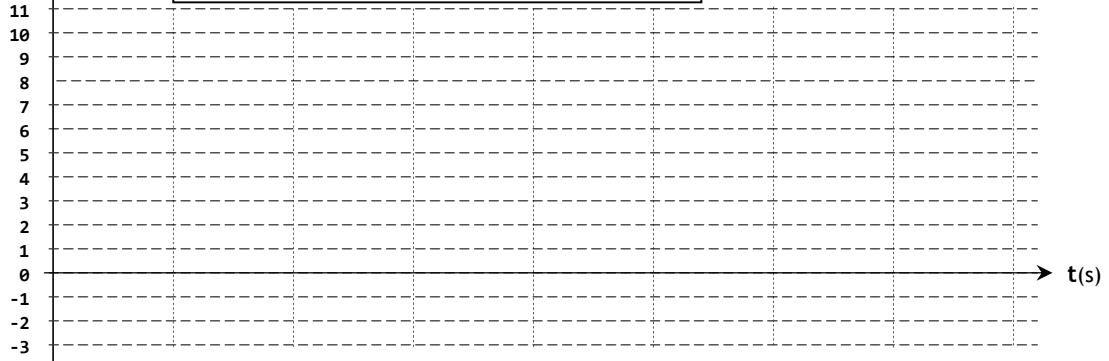
.....

4.3. Chronogramme de $V_S(t)$:



$A.N : A =$

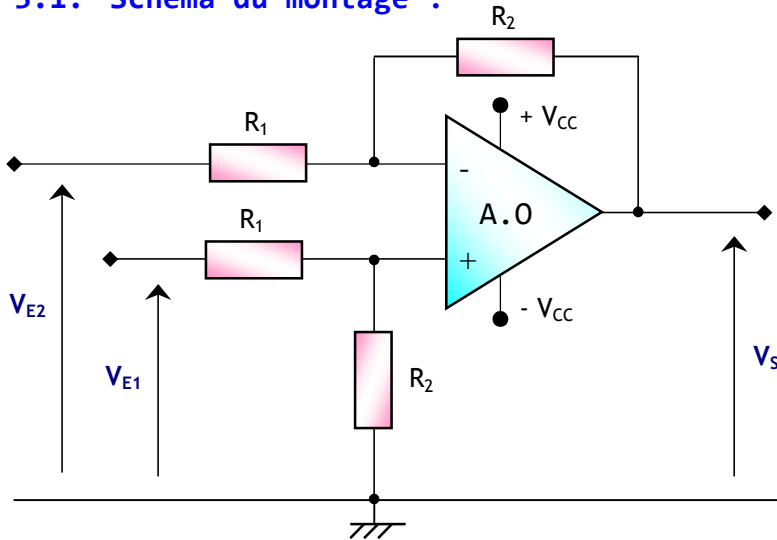
$V_S =$



Remarque :

5. Soustracteur (Amplificateur différentiel) :

5.1. Schéma du montage :



- $\pm V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$;
- $R_1 = 10 \text{ K}\Omega$;
- $R_2 = 100 \text{ K}\Omega$;
- $V_{E1}(t) = 0,5 \sin(2\pi f.t) - V_-$;
- $V_{E2}(t) = 0,5 \text{ V}$.

5.2. Expression de l'amplification A :

.....

.....

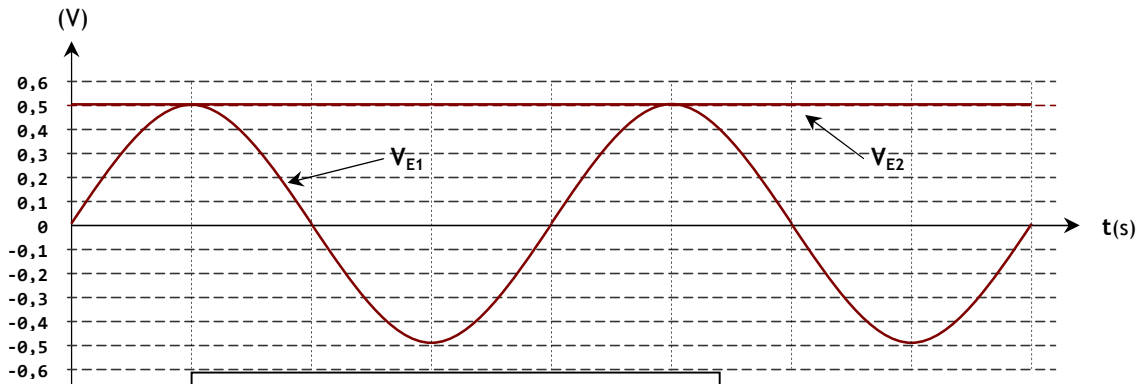
.....

.....

.....

.....

5.3. Chronogramme de Vs(t) :

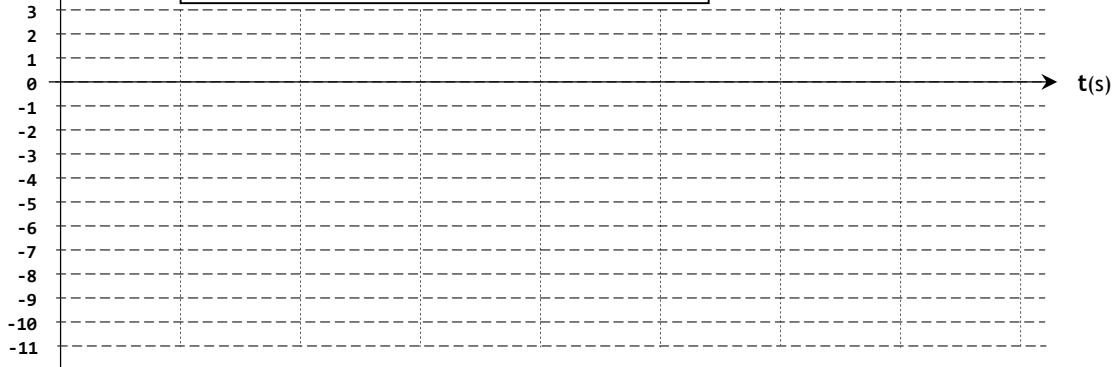


A.N : A =

.....

.....

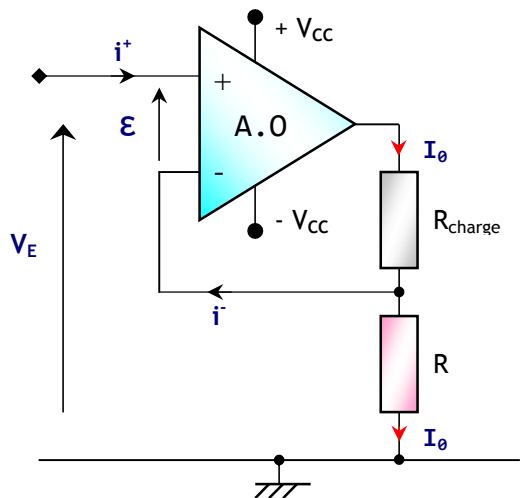
Vs =



Remarque :

8. Autres montages à amplificateur opérationnel :

4.1. Convertisseur tension courant :



Le courant de sortie est proportionnel à la tension d'entrée. Le courant dans R_{charge} reste constant quelle que soit la valeur de la charge, jusqu'à la saturation de l'amplificateur opérationnel.

.....

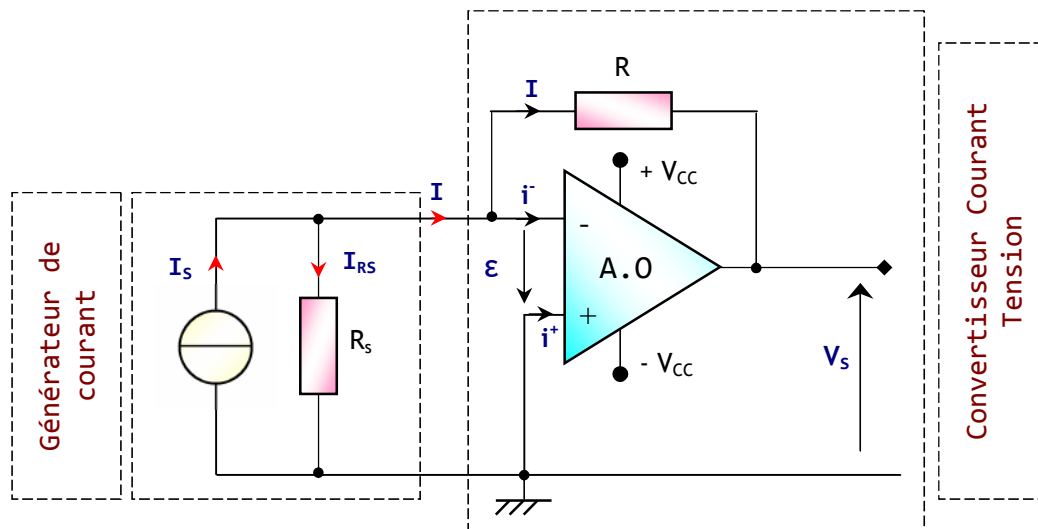
.....

.....

.....

Remarque :

4.2. Convertisseur courant tension :



L'entrée inverseuse de l'amplificateur est une masse virtuelle, la source de courant débite donc dans un court-circuit. Ainsi la résistance de source n'intervient pas dans l'expression du gain.

.....

.....

.....

.....

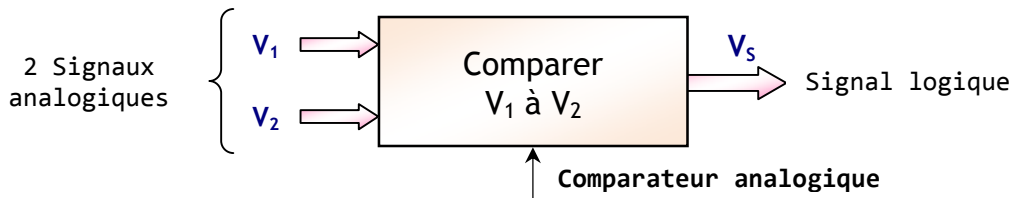
.....

.....

Remarque :

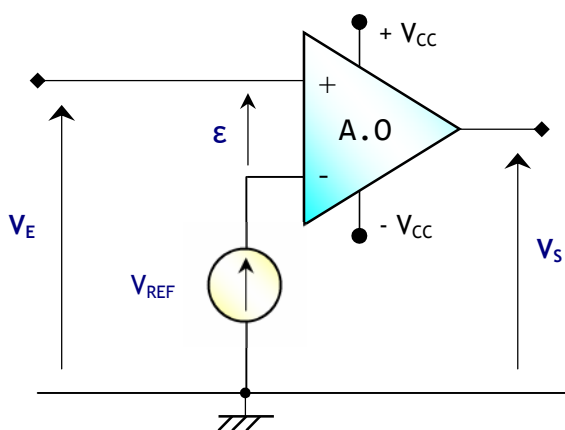
1. Le comparateur à seuil :

Le comparateur est un dispositif permettant de comparer deux tensions analogiques et délivrer un signal logique. Son niveau de sortie est soit positif "1 logique" soit négatif "0 logique" ; selon le résultat de la comparaison.



2. Comparateur non inverseur :

2.1. Fonctionnement :

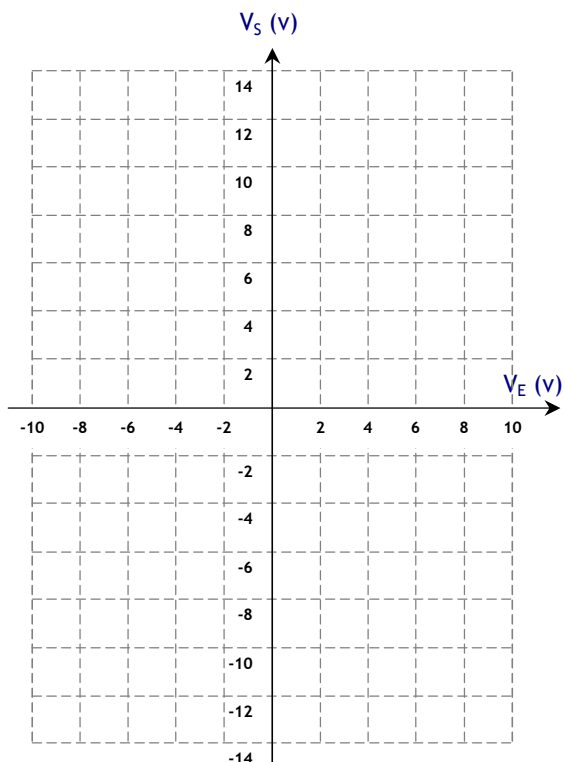
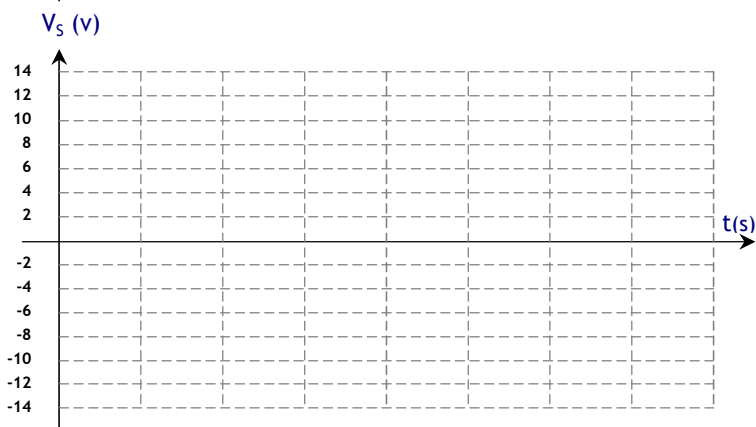


- L'entrée inverseuse est prise comme référence ;
- L'entrée non inverseuse est le signal d'entrée V_E ;
- $\pm V_{CC} = \pm 12 \text{ V}$;
- $V_E(t) = 8 \sin(2\pi f.t)$ - en V -.

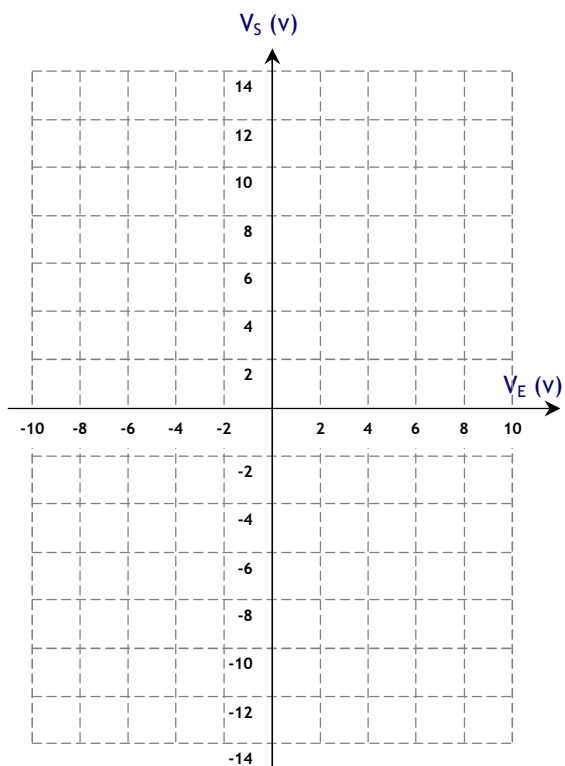
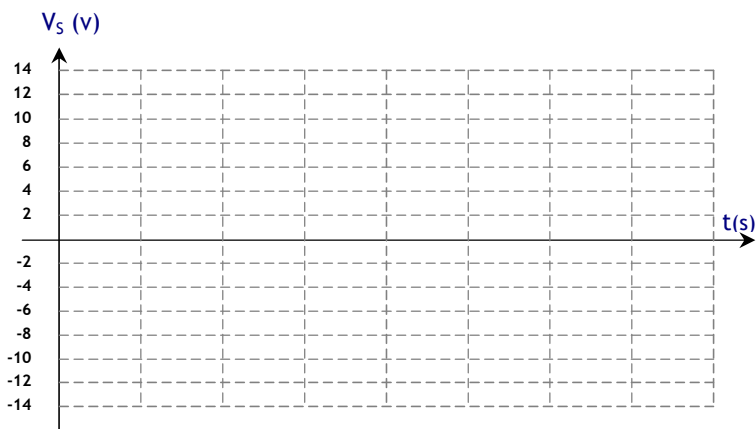
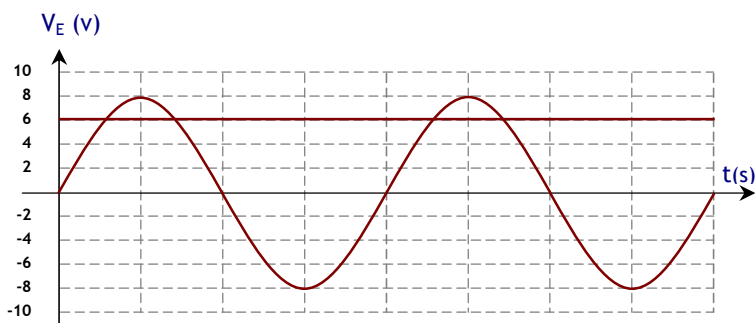
Si $V_E > V_{REF} \rightarrow$

Si $V_E < V_{REF} \rightarrow$

2.2. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 0\text{v}$:



2.3. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 6v$:

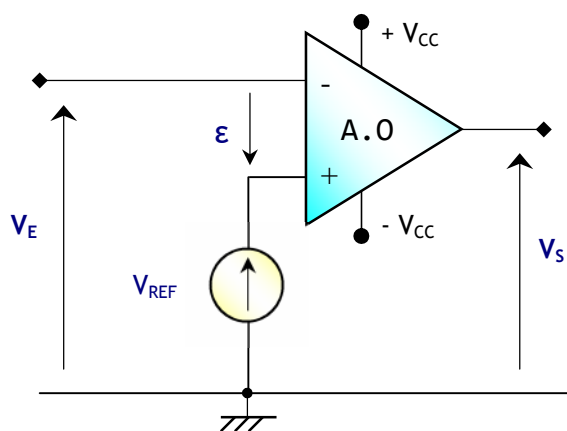


Remarque :

La tension de référence permet de translater la fonction de transfert

3. Comparateur inverseur :

3.1. Fonctionnement :

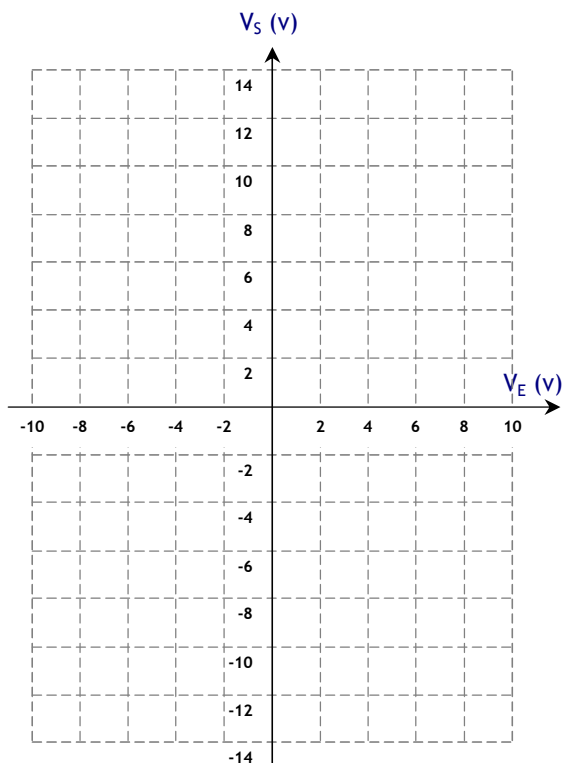
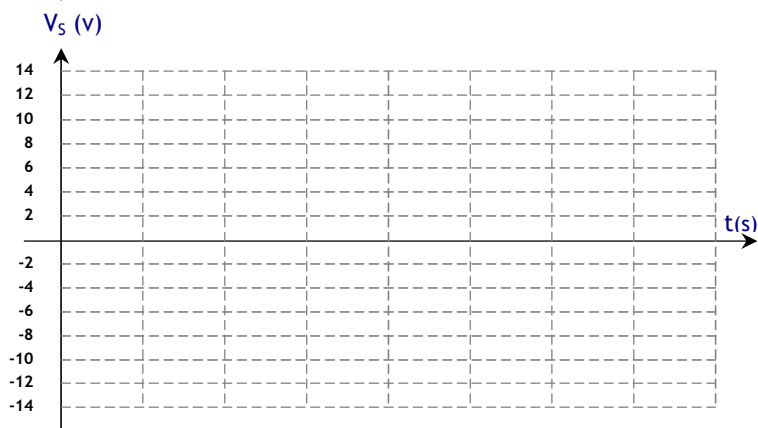


- L'entrée non inverseuse est prise comme référence ;
- L'entrée inverseuse est le signal d'entrée V_E ;
- $\pm V_{CC} = \pm 12 V$;
- $V_E(t) = 8 \sin(2\pi f.t)$ - en V -.

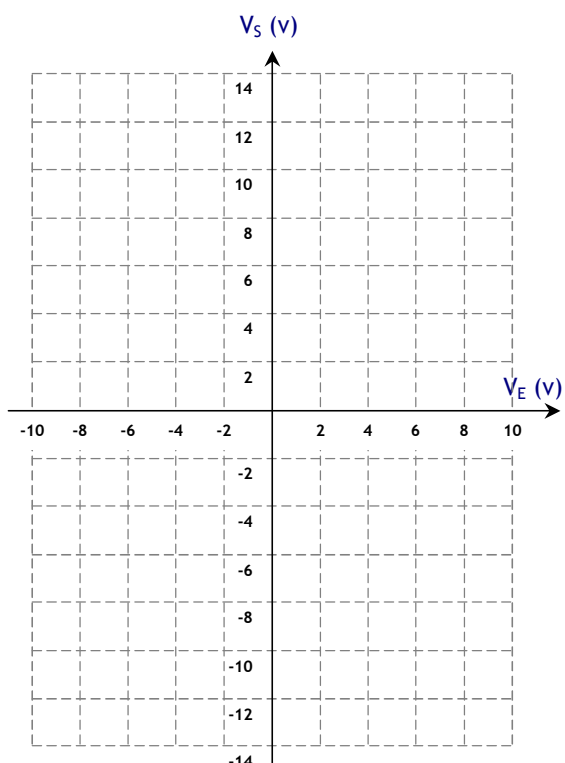
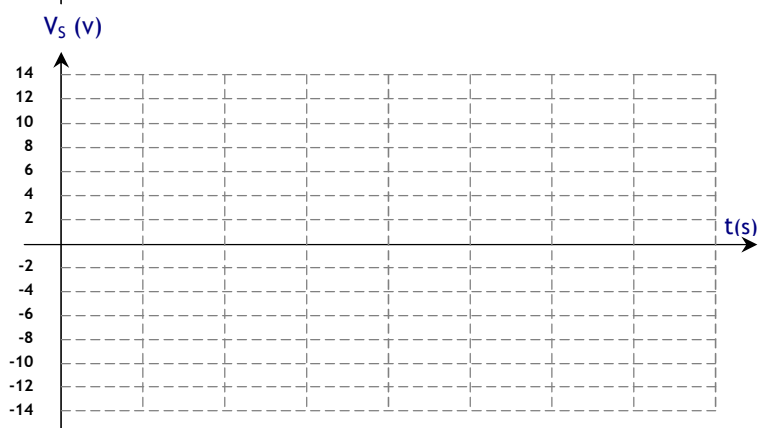
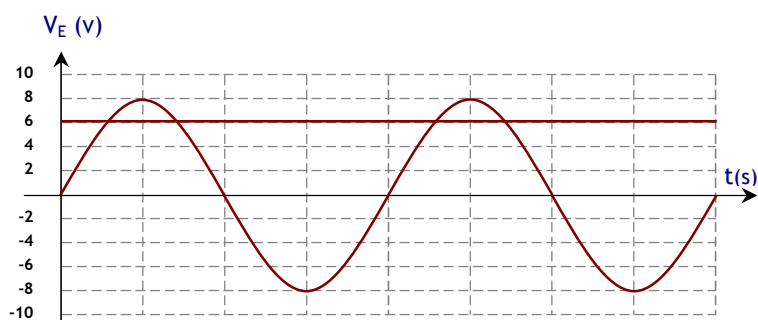
Si $V_E > V_{REF} \rightarrow$

Si $V_E < V_{REF} \rightarrow$

3.2. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 0v$:



3.3. Chronogramme et fonction de transfert pour $V_{REF} = 6v$:



Remarque :

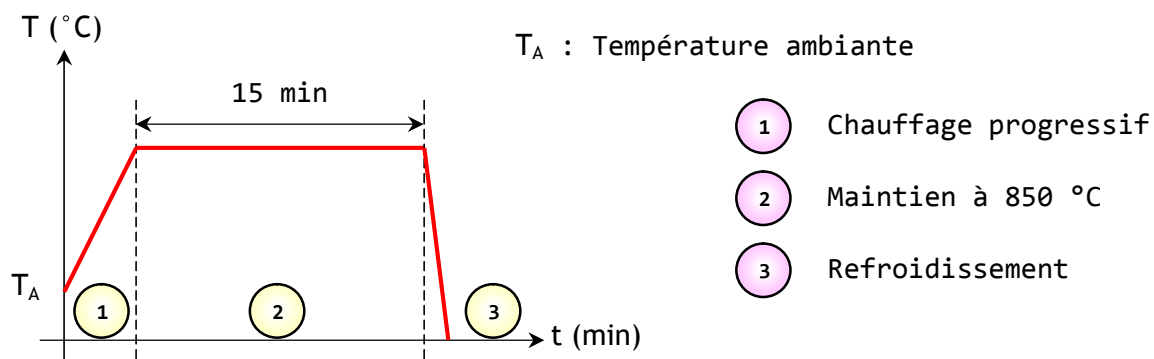
La tension de référence permet de translater la fonction de transfert

1. Mise en situation :

Le traitement thermique d'un métal est un ensemble de procédés industriels (trempe, revenu, recuit, etc.) qui permet de modifier ses propriétés physiques afin de lui donner de nouvelles caractéristiques mécaniques.

Dans le cas de la **trempe**, de pièces en acier afin de modifier leurs caractéristiques mécaniques (la dureté, la résistance à la rupture, etc.), le cycle de trempe comporte trois phases:

- 1^{ère} phase : chauffage progressif ;
- 2^{ème} phase : maintien de la température à 850 °C pendant une durée de 15 min ;
- 3^{ème} phase : refroidissement rapide des pièces dans un bain d'huile.



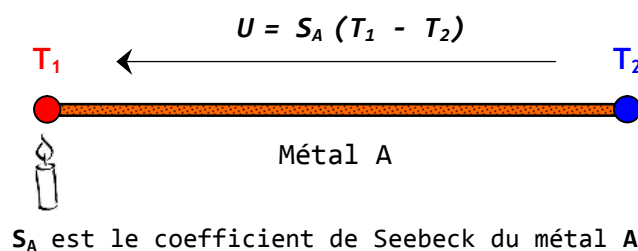
2. Système de traitement thermique :

Un tel système de traitement thermique, comporte essentiellement :

- Un four électrique contenant :
 - une enceinte thermique ;
 - des résistances chauffantes ;
 - un ventilateur permettant une répartition homogène de la chaleur au sein de l'enceinte ;
 - un capteur thermocouple de type K pour l'acquisition de la température dans l'enceinte du four ;
 - une porte verticale ;
 - un socle mobile permettant de déplacer les pièces lors d'un chargement ou déchargement ;
- Un bain d'huile assurant le refroidissement assez rapide des pièces ;
- Un dispositif d'injection de gaz (azote) dans l'enceinte afin que la trempe soit réalisée sous une atmosphère neutre, pour éviter la corrosion des pièces lors de leur traitement ;
- Un pupitre de commande incluant un régulateur de température qui assure le maintien de la température à l'intérieur de l'enceinte à 850 °C.

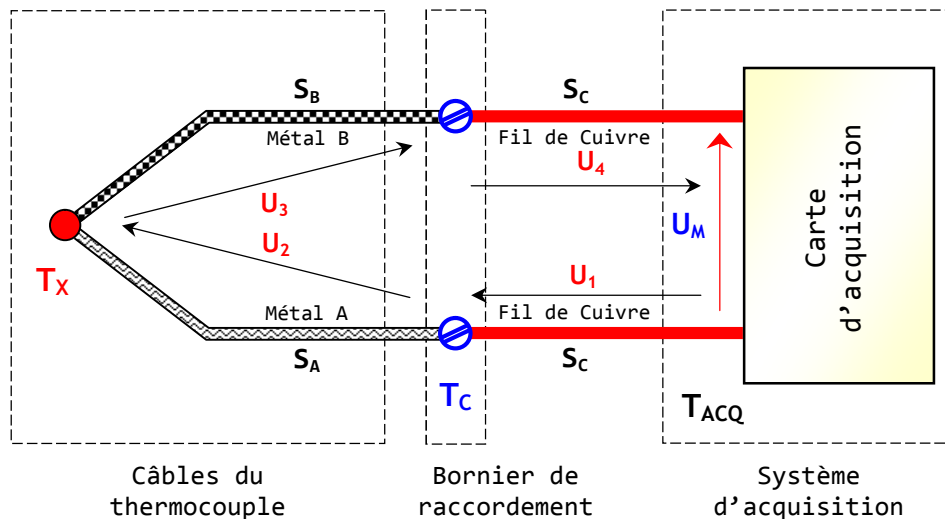
3. Étude de l'acquisition de la température :

La figure suivante rappelle le principe physique d'un thermocouple ; la tension entre les 2 extrémités du métal A dépend de la nature physique de ce métal et des températures de ces 2 extrémités.



La figure ci-dessus montre le schéma simplifié du principe de mesure de la tension développée par un thermocouple, où :

- T_X est la température inconnue à mesurer ;
- T_C est la température du bornier de raccordement du thermocouple au système d'acquisition ;
- T_{ACQ} est la température de la zone où sont soudés les fils de cuivre dans la carte d'acquisition ;
- S_A , S_B , S_C sont respectivement les sensibilités (coefficients de Seebeck) considérées constantes et non nulles, des 2 métaux A et B du thermocouple et des 2 fils de cuivre de liaison avec la carte du système d'acquisition ;
- U_M est la tension développée par l'ensemble des jonctions du thermocouple et les fils des liaisons.



Q.1 : En partant de la formule développée ci-dessus - $U = S_A (T_1 - T_2)$ -, montrer que :

$$U_M = (S_A - S_B) \cdot (T_X - T_C) \quad \text{relation : (1)}$$

.....

On met la relation (1) sous la forme suivante, où S_{AB} est le coefficient de Seebeck du thermocouple formé des métaux A et B :

$$U_M = (S_A - S_B) \cdot (T_X - T_C) = S_{AB} \cdot (T_X - T_C) \quad \text{relation : (2)}$$

On plonge les jonctions de raccordement dans de l'eau glacée pour avoir ($T_C = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$) ; ainsi U_M dépendra uniquement de T_X .

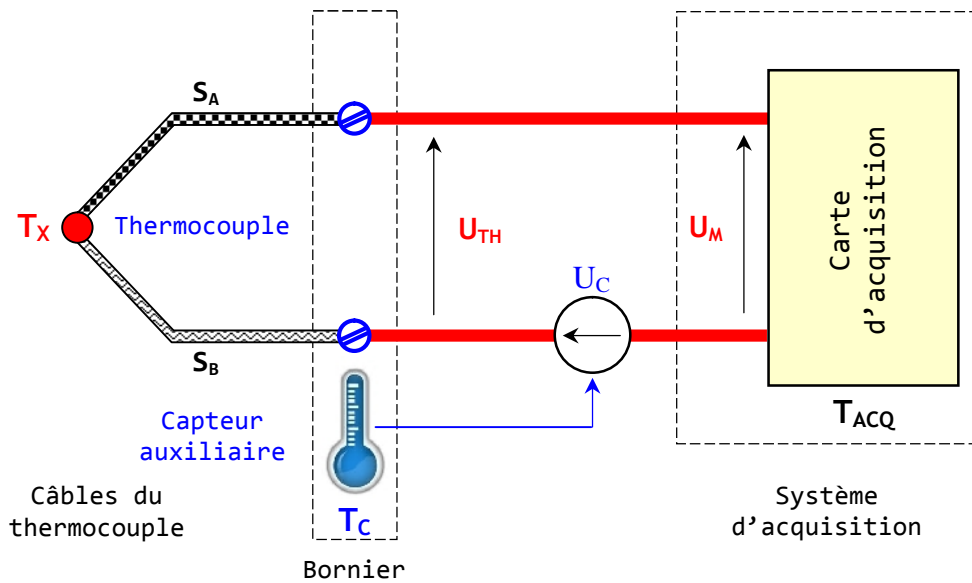
Q.2 : Sachant que $S_{AB} \neq 0$, donner alors l'expression de la tension U_M ;

.....

La relation (2) montre que la tension mesurée U_M dépend de la température inconnue T_X à mesurer et de la température T_C de l'environnement du bornier de raccordement du thermocouple au système d'acquisition. On appelle T_X la température de « la jonction chaude » et T_C la température de « la jonction froide ». L'utilisation de l'eau glacée, pour compenser la température de la jonction froide et rendre U_M dépendant uniquement de T_X , n'est pas une solution pratique.

La figure ci-dessus donne le schéma de principe d'une solution de compensation facile à réaliser, qui consiste à mesurer la tension image de la température T_C du bornier par un autre

capteur auxiliaire, représentée par la tension U_C , et la réinjecter dans la maille de mesure du thermocouple.



Q.3 : Donner alors la nouvelle expression de U_M ;

.....

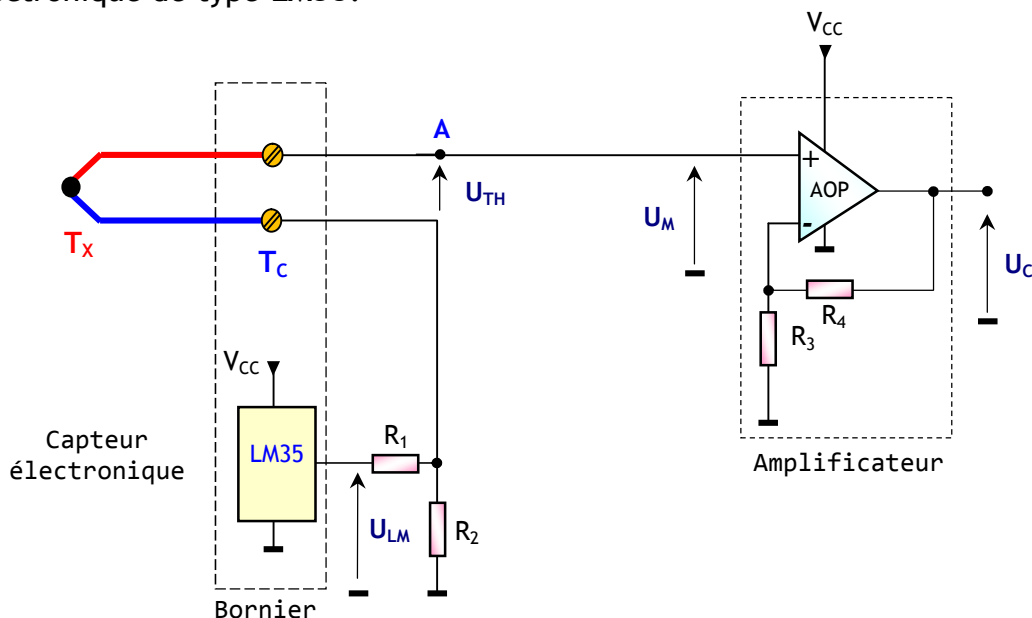
.....

Q.4 : Quelle condition doit vérifier la tension U_C pour la compensation de T_C ?

.....

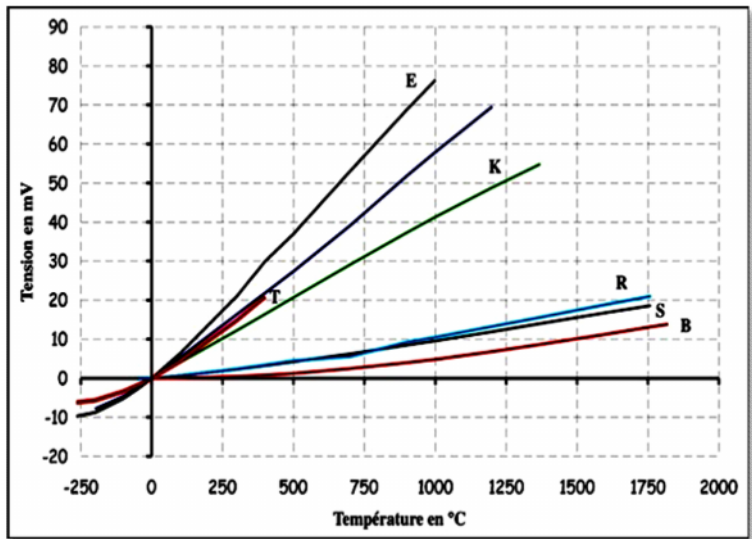
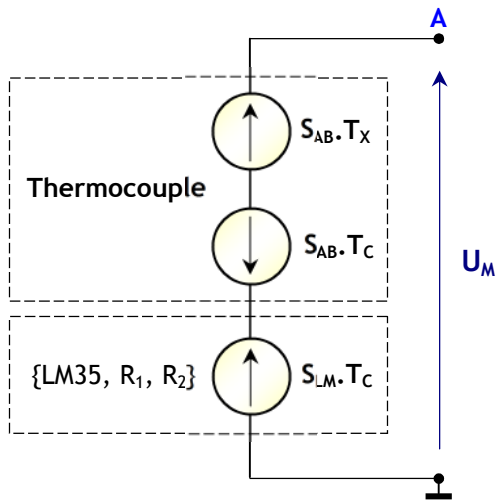
.....

La figure suivante représente un exemple de schéma de montage implémentant la compensation de T_C suivant le principe de la figure ci-dessus, où le capteur auxiliaire est un capteur électronique de type LM35.



Vu du point A, l'ensemble {thermocouple, LM35} peut être représenté par le schéma équivalent de la figure suivante où S_{LM} est la sensibilité du LM35 associé au diviseur de tension (R_1, R_2).

On donne aussi la F.E.M en fonction de la température des principaux thermocouples (types E, J, K, T, R, S et B)



Q.5 : Donner l'expression de la tension U_M ?

.....

Q.6 : Quelle est la condition à réaliser pour avoir $U_M = S_{AB}T_X$?

.....

Q.7 : Déterminer la valeur de S_{AB} en ($\mu V/^{\circ}C$) d'après la caractéristique $U = f(T)$ du thermocouple qui est de type K ;

.....

L'amplificateur permet d'adapter le signal représentant la température T_X au convertisseur analogique/numérique (ADC) du microcontrôleur.

Q.8 : Donner l'expression de l'amplification $A_V = U_C / U_M$ en fonction de R_3 et R_4 ;

.....

Q.9 : On considère que $U_C = S_M.T_X$ (S_M : sensibilité du montage), donner alors la nouvelle expression de l'amplification A_V en fonction de S_M et S_{AB} ;

.....

Q.10 : Déterminer la valeur de A_V pour avoir une sensibilité du montage $S_M = 5 mV/^{\circ}C$;

.....

Q.11 : Donner alors la valeur de U_C pour une température T_X de $850^{\circ}C$.

.....