

**CONCOURS : TECHNICIEN RECHERCHE ET FORMATION  
EXTERNE**

**BAP C : INSTRUMENTATION ET EXPERIMENTATION**  
**Emploi Type : TECHNICIEN EN INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE  
ET MESURE**

**SUJET D'ADMISSION – Epreuve professionnelle**  
**Durée 2 H – coefficient 4**

*Instructions*

**Attention**

Il vous est rappelé que votre identité ne doit figurer que dans la partie basse de la bande en-tête de la copie mise à votre disposition.

**Toute mention d'identité ou tout signe distinctif porté sur toute autre partie de la copie (ou des copies) mènera à l'annulation de votre épreuve.**

Ce sujet comporte 15 pages. Assurez-vous que votre exemplaire est complet. S'il est incomplet, demandez un nouvel exemplaire au responsable de la salle.

Ce dossier constitue le sujet de l'épreuve.

Il ne doit pas être dégrafé et devra être remis aux surveillants à l'issue de la composition.

**L'usage de la calculatrice scientifique NON PROGRAMMABLE est autorisé.**

**L'usage de tous documents, autres que ceux qui vous seront remis lors de l'épreuve, et l'utilisation de tout matériel électronique est interdit.**

**Les téléphones portables doivent être éteints.**

---

NOM patronymique (nom de naissance):.....

Nom d'usage :.....

Prénom :.....

## Partie Electronique :

### I. Montage AOP

Câbler le montage suivant avec  $R=10k\Omega$  et  $R'$  variable (la valeur sera fixée ci-après).  
(Alimentation de l'AOP 741.  $\pm V_{cc} = \pm 15$  Volts)

#### Partie A : $R'=10k\Omega$

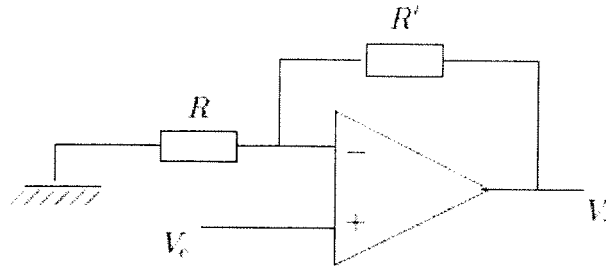


Figure 1 : Montage AOP

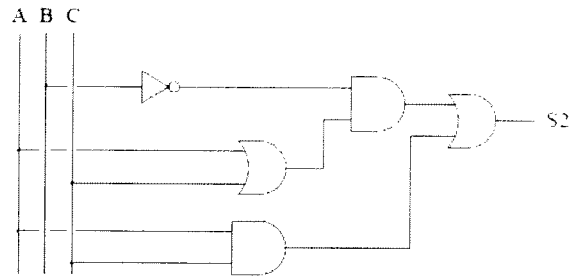
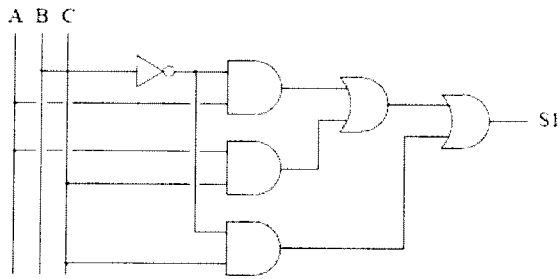
- 1) Prendre pour  $V_e$  une tension sinusoïdale d'amplitude  $1V_{crête}$  et de fréquence  $f=1kHz$ . Vérifier le bon fonctionnement et le faire voir au correcteur.
- 2) Augmenter l'amplitude de  $V_e$ . Que remarquez-vous ? Justifier votre réponse.
- 3) Prendre maintenant un signal carré de  $1V$  et de fréquence  $f=1kHz$ . Augmenter la fréquence de  $V_e$ . Qu'observe-t-on ? Expliquer pourquoi. Mesurer la valeur du slew-rate. Comparer avec la valeur donnée en annexe.

#### Partie B : $R'=100k\Omega$

- 1) Prendre pour  $V_e$  une tension sinusoïdale d'amplitude  $1V$ . Faire varier la fréquence de manière à étudier l'évolution du gain du montage en fonction de cette dernière. Tracer la courbe de gain.

## II. Circuit logique

Câblez les deux montages suivants.



Donnez la table de vérité de ces deux systèmes. Que remarquez-vous.

ANNEXE

CARACTERISTIQUES DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL.

INTERPRETATION DE LA NOTICE CONSTRUCTEUR.

- 1) Caractéristiques d'entrée.
- 2) Caractéristiques de sortie.
- 3) Caractéristiques de transfert.
- 4) Caractéristiques d'alimentation.

Notes : \* l'amplificateur opérationnel utilisé dans la manipulation est le uA 741. Pour chacun des paramètres définis ci-dessous, se reporter aux caractéristiques constructeur du 741 données en fin de l'annexe.  
 \* pour les caractéristiques de transfert, le gain en tension en boucle ouverte est analysé dans la manipulation suivante.

1) Caractéristiques d'entrée.

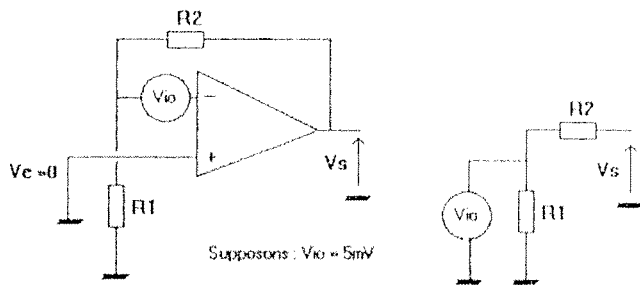
\* TENSION DE DECALAGE (input offset voltage)  
 (= tension d'offset = tension résiduelle d'entrée)

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR (AOP divers)		Commentaires
	valeur typ.	valeur max.	min.	MAX.	
$V_{io}$	1mV	5mV	qq 10 $\mu$ V	qq 10mV	diasymétrie de l'amplificateur différentiel d'entrée



Particularité : dérive en fonction - de la température  
 - de la variation de tension d'alimentation  
 - du vieillissement

Effet sur la sortie : exemple du montage non-inverseur :



$$V_s = [(R_1 + R_2)/R_1]V_{io}$$

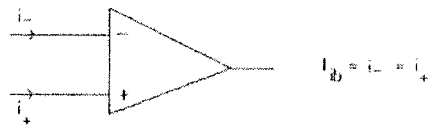
si:  $(R_1 + R_2)/R_1 = 10$

alors :  $V_s = 50\text{mV}$  (au lieu de 0)

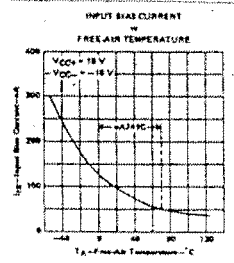
Remarque : calculs identiques pour le montage inverseur.

\* COURANT DE POLARISATION (input bias current).

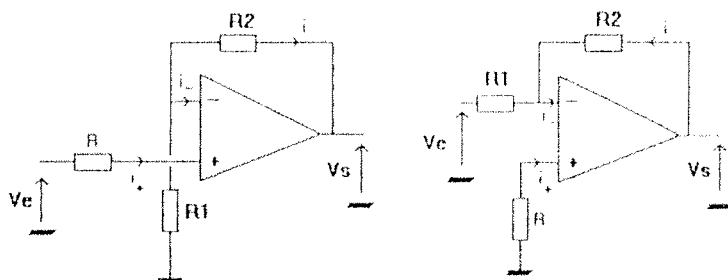
NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR (AOP divers)		Commentaires
	valeur typ.	valeur max	min	MAX	
$I_{ib}$	80nA	500nA	qq10pA	qq10uA	courant de base de l'amplificateur différentiel d'entrée



Particularité : décroît avec la température :



Effet sur la sortie (et compensation) :



$$V_s = -R_2 \cdot i - R_1 \cdot (i - i_-)$$

$$-R_1 \cdot (i - i_-) - R \cdot i_+ = 0$$

$$V_s = R_2 \cdot i + R_1 \cdot (i - i_-)$$

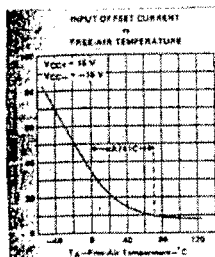
$$R_1 \cdot (i - i_-) + R \cdot i_+ = 0$$

Dans les deux cas, on obtient :  $V_s = 0$  pour  $V_e = 0$   
avec la condition :  $R = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$   
(i.e. :  $R_1 // R_2$ )

\* COURANT DE DÉCALAGE (input offset current).

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR [AOP divers]		Commentaires
	valeur typ.	valeur max.	min	MAX	
$I_{io}$	20nA	200nA	qq 0.1nA	qq 100nA	dissymétrie de l'étage différentiel d'entrée

Particularité : décroît avec la température :



Effet sur la sortie :

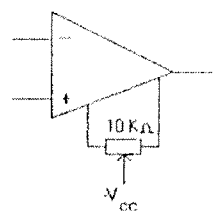
Identique à l'effet de  $V_{io}$  :

Si R est la résistance permettant de compenser le courant de polarisation, alors  $I_{io}$  crée la tension de décalage :  $V'_{io} = R \cdot I_{io}$

Généralement :  $V'_{io} \ll V_{io}$

Compensation de  $V_{io}$  et  $I_{io}$  (donc  $V'_{io}$ ) :

- Par compensation interne à l'amplificateur opérationnel
- ou par potentiomètre externe [addition ou soustraction d'une composante continue]; pour le 741 :



- Câbler le montage désiré.
- Fixer l'entrée à  $V_e = 0$ .
- Ajuster le potentiomètre de façon à ce que  $V_s = 0$
- Garantit un réglage d'offset (offset voltage adjust range) de  $\pm 15mV$

\* TENSION MAXIMALE D'ENTREE EN MODE DIFFERENTIEL (differential input voltage).

NOTATION	741		Commentaires
	valeur typ.	valeur max	
$V_{id\ MAX}$		$\pm 30\ V$	imposée par les non-linéarités du composant (définie pour tension d'alimentation Maxi)

$$V_{id\ max} = (e_+ - e_-)_{max}$$

\* TENSION MAXIMALE D'ENTREE EN MODE COMMUN (common-mode input voltage).

NOTATION	741		Commentaires
	valeur typ.	valeur max	
$V_{icr\ MAX}$	13 V		imposée par les non-linéarités du composant (définie pour tension d'alimentation Maxi)

Pour  $V_{id} = 0$  (fonctionnement linéaire), c'est la tension Maximale applicable sur l'entrée.

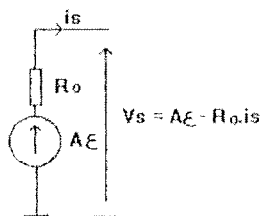
\* RESISTANCE D'ENTREE (input resistance).

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR (AOP divers)		Commentaires
	valeur typ.	valeur max	min	MAX	
$R_i$	0,3 M $\Omega$	2 M $\Omega$	qq 100 k $\Omega$	qq 10 <sup>12</sup> $\Omega$	résistance de l'amplificateur différentiel d'entrée

$R_i = R_{ed}$  : résistance d'entrée différentielle.

## 2) Caractéristiques de sortie.

La sortie de l'amplificateur opérationnel peut être assimilée à un générateur de Thévenin :



\* RESISTANCE DE SORTIE (output resistance).

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR (AOP divers)		Commentaires
	valeur typ.	valeur max.	min	MAX	
$R_o$		75 $\Omega$	qq 10 $\Omega$	qq 100 $\Omega$	résistance de l'étage de sortie

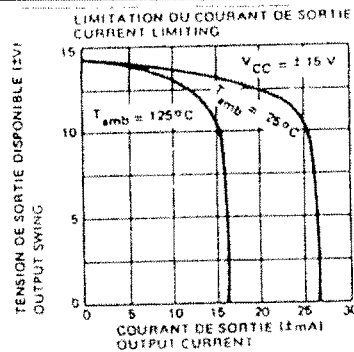
\* COURANT MAXIMUM DE SORTIE (short circuit output current).

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR (AOP divers)		Commentaires
	valeur typ.	valeur max.	min	MAX	
$I_{OS}$	25 mA	40 mA	qq 10 mA	qq Amp. (AOP de Puiss.)	courant de protection en court-circuit fixé par l'étage de sortie

Le courant de court-circuit dépend de la température de l'amplificateur opérationnel :

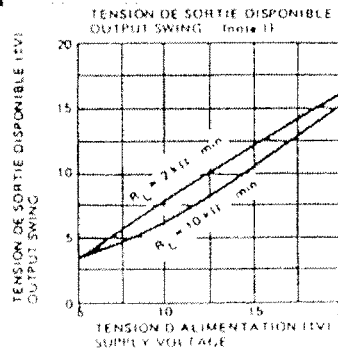
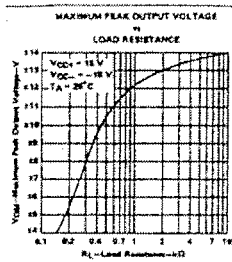
Il est conseillé de travailler à un courant maximum de l'ordre de la moitié du courant de court-circuit (environ 10mA pour le 741).

Durée de court-circuit (duration of output short-circuit) : non limitée pour le 741.



\* TENSION MAXIMALE DE SORTIE (maximum peak output voltage).

NOTATION	741		Commentaires
	valeur typ.	valeur max.	
$V_{om}$	13 V (charge : 2 k $\Omega$ )		limitée par : - la tension d'alimentation - la saturation du dernier étage varie avec la charge





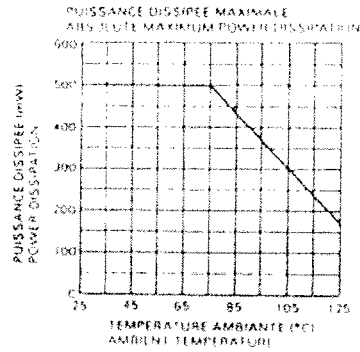
\* PUISSANCE DISSIPÉE MAXIMALE (continuous total power dissipation).

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR [AOP divers]		Commentaires
	valeur typ.	valeur max.	min	MAX	
$P_{max}$		500 mW	qq 100mW	qq 10 W (AOP de flux)	puissance maximale de l'étage de sortie

Cette puissance dépend de la température : valeur limite à ne pas dépasser sous peine de destruction du composant.

Pour le 741, en court-circuit, à 25°C, la puissance dissipée reste inférieure à la puissance maximale : elle sera supérieure si, accidentellement, la sortie est reliée à l'une des tensions d'alimentation.

A noter que certains amplificateurs opérationnels, dits "de puissance", peuvent être utilisés pour alimenter directement des moteurs à courant continu de faible puissance, par exemple.



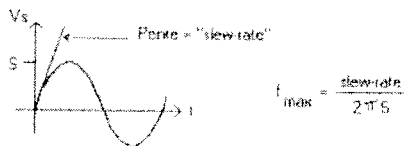
3) CARACTERISTIQUES DE TRANSFERT.

\* PHENOMENE DE TRIANGULATION (slew-rate).

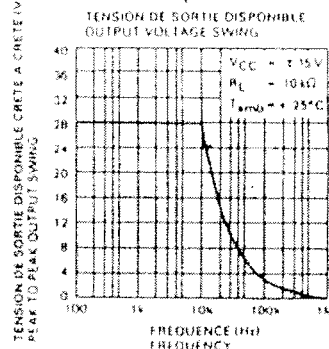
NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR [AOP divers]		Commentaires
	valeur typ.	valeur max.	min	MAX	
$\left[ \frac{\Delta V_s}{\Delta t} \right]_{max}$	0,5 V/us		qq 100 mV/us	qq 100 V/us	saturation du premier étage du composant (d'où non-linéarité sur la sortie)

Le "slew-rate" correspond à la pente maximale du signal de sortie; pour le 741, quelle que soit la forme du signal de sortie,  $V_s$  ne pourra varier plus vite que 0,5 V/us.

Si la sortie est sinusoïdale :



D'où la courbe constructeur ci-contre :



\* TAUX DE REJECTION EN MODE COMMUN (= TRMC) (common-mode rejection ratio = CMRR).

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR (AOP divers)		Commentaires
	valeur typ	valeur max	min	MAX	
TRMC (CMRR)	90 dB		qq 10 dB	150 dB	caractéristique de l'amplificateur différentiel d'entrée

La tension de sortie :

$$V_s = A_d (e_+ - e_-) + A_{mc} [(e_+ + e_-)/2]$$

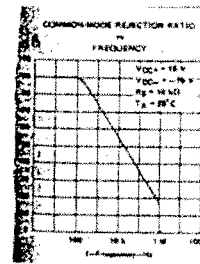
$A_d$  = amplification différentielle

$A_{mc}$  = amplification de mode commun

$$TRMC = CMRR = 20 \log (A_d/A_{mc})$$

Il décroît avec la fréquence (voir courbe ci-contre).

Il influence uniquement les montages soustracteurs à fort gain en tension (fonctionnement linéaire) ou les comparateurs (fonctionnement non-linéaire).



#### 4) CARACTERISTIQUES D'ALIMENTATION.

\* TENSION D'ALIMENTATION (supply voltage).

NOTATION	741		ORDRE DE GRANDEUR (AOP divers)		Commentaires
	valeur min.	valeur max	min	MAX	
$\pm V_{cc}$	$\pm 5 V$	$\pm 18 V$	qq Volts	qq 10 Volts	alimentation des différents étages de l'amplificateur opérationnel

Il est possible de travailler en mono-tension (exemple entre 0 et +Vcc) avec un amplificateur opérationnel prévu normalement en bi-tension. Il faut, pour cela, ramener sur les entrées  $e_+$  et  $e_-$  la tension moitié (+Vcc/2). Certains amplificateurs opérationnels sont conçus pour être utilisés de préférence en mono-tension (exemple : LM 324).

\* COURANT CONSOMME AU REPOS PAR L'ALIMENTATION (supply current).

NOTATION	741		Commentaires
	valeur typ.	valeur max	
$I_{cc}$	1,7 mA	2,8 mA	courant consommé au repos par l'ensemble des étages de l'amplificateur opérationnel

\* PUISSANCE CONSOMMEE AU REPOS PAR L'ALIMENTATION (total power dissipation).

NOTATION	741		Commentaires
	valeur typ.	valeur max	
$P_d$	50 mW	85 mW	Dûe au courant consommé au repos $P_d = I_{cc} \cdot 30$ (pour $V_{cc} = 15V$ )

\* TAUX DE REJECTION D'ALIMENTATION (supply voltage sensitivity).

NOTATION	741		Commentaires
	valeur typ.	valeur max	
TRA ( $K_{svs}$ )	30 $\mu V/V$	150 $\mu V/V$	variation de la tension de sortie par rapport à la tension d'alimentation $\Delta V_o / \Delta V_{cc}$ en $\mu V/V$

Peut être exprimé aussi sous la forme :  $20 \log (\Delta V_{cc} / \Delta V_o)$ .  
Evolue avec la température, comme le TRMC.

**TYPES  $\mu$ A741M,  $\mu$ A741C**  
**GENERAL-PURPOSE OPERATIONAL AMPLIFIERS**

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	$\mu$ A741M	$\mu$ A741C	UNIT
Supply voltage $V_{CC+}$ (see Note 1)	22	18	V
Supply voltage $V_{CC-}$ (see Note 1)	-11	-18	V
Differential input voltage (see Note 2)	$\pm 30$	$\pm 30$	V
Input voltage any input (see Notes 1 and 3)	$\pm 18$	$\pm 18$	V
Voltage between either input null terminal (NUN2) and $V_{CC-}$	$\pm 0.3$	$\pm 0.3$	V
Duration of output short-circuit (see Note 4)	unlimited	unlimited	
Continuous total power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 6)	800	800	mW
Operating free-air temperature range	-55 to 125	0 to 70	°C
Storage temperature range	-55 to 180	-65 to 150	°C
Lead temperature, 1.8 mm (1/16 inch) from case for 60 second (PH, PL, J, JG, or U package)	300	300	°C
Lead temperature, 1.8 mm (1/16 inch) from case for 10 second (D, N or P package)	260	260	°C

- NOTES: 1. All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between  $V_{CC+}$  and  $V_{CC-}$ .  
 2. Differential voltages are of the noninverting input terminal with respect to the inverting input terminal.  
 3. The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 18 volts, whichever is less.  
 4. The duration may be extended to ground or either power supply. For the  $\mu$ A741M only, the unlimited duration of the above short-circuit applies only for below 125°C case temperature or 75°C die-attach temperature.  
 5. For operation above 25°C free-air temperature, refer to Dissipation During Curves, Section 2, in the J and JG packages.  $\mu$ A741M chips are also measured;  $\mu$ A741C chips are gross measured.

electrical characteristics at specified free-air temperature,  $V_{CC+} = +15$  V,  $V_{CC-} = -15$  V

PARAMETER	TEST CONDITIONS <sup>1</sup>	$\mu$ A741M			$\mu$ A741C			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{IO}$ Input offset voltage	$V_O = 0$	25°C			1			mV
		Full range			8			
$V_{IO(max)}$ Offset voltage scales range	$V_O = 0$	25°C			$\pm 18$			mV
$I_{IO}$ Input offset current	$V_O = 0$	25°C			20			nA
		Full range			200			
$I_{IB}$ Input bias current	$V_O = 0$	25°C			80			nA
		Full range			800			
$V_{ICR}$ Common-mode input voltage range		25°C			$\pm 12$			V
		Full range			$\pm 13$			
$V_{OM}$ Maximum peak output voltage swing	$R_L \geq 10$ k $\Omega$	25°C			$\pm 12$			V
	$R_L \geq 2$ k $\Omega$	25°C			$\pm 10$			
	$R_L \geq 2$ k $\Omega$	Full range			$\pm 10$			
$A_{VD}$ Large-signal differential voltage amplification	$V_O = \pm 10$ V	25°C			80			V/mV
		Full range			28			
$r_i$ Input resistance		25°C			0.3			M $\Omega$
$r_o$ Output resistance	$V_O = 0$ , See Note 5	25°C			75			$\Omega$
$C_i$ Input capacitance		25°C			1.4			pF
$C_{MNR}$ Common-mode rejection ratio	$V_{IC} = V_{ICR}$ min	25°C			70			dB
		Full range			70			
$\Delta V_{IS}$ Supply voltage sensitivity ( $\Delta V_{IO}/\Delta V_{CC}$ )	$V_{CC} = \pm 8$ V $V_O = \pm 18$ V	25°C			30			$\mu$ V/V
		Full range			180			
$I_{OS}$ Short-circuit output current		25°C			$\pm 28$			mA
		Full range			$\pm 40$			
$I_{SC}$ Supply current	No load, $V_O = 0$	25°C			1.7			mA
		Full range			3.3			
$P_D$ Total power dissipation	No load, $V_O = 0$	25°C			50			mW
		Full range			100			

<sup>1</sup> All characteristics are measured under open-loop conditions with zero common-mode input voltage unless otherwise specified. Full range for  $\mu$ A741M is -15°C to +125°C and for  $\mu$ A741C is 0°C to 70°C.

NOTE 5: This typical value applies only at frequencies above a few hundred hertz because of the effects of drift and thermal feedback.