



Partons à la découverte des ALI

Objectifs

- ▷ Identifier les saturations en tension et en intensité de sortie d'un ALI et sa vitesse limite de balayage ;
- ▷ Vérifier la relation entrée-sortie de l'amplificateur-non inverseur.
- ▷ Élaborer un signal électrique analogique simple à l'aide d'un GBF ;
- ▷ Visualiser un signal et effectuer des mesures à l'oscilloscope ;
- ▷ Procéder à une estimation d'une incertitude de type B en s'appuyant sur des données constructeur ;
- ▷ Comparer expérience et théorie de manière rigoureuse, i.e. en tenant compte des incertitudes.

Matériel sur votre paillasse :

- ▷ Un GBF ;
- ▷ Un amplificateur linéaire intégré ;
- ▷ Une alimentation stabilisée $+15/-15$ V ;
- ▷ Un oscilloscope ;
- ▷ Deux résistances de 1 et $4,7$ k Ω ;
- ▷ Une résistance variable ;
- ▷ Plaquette de branchements.

Ce premier TP a pour objectif de prendre contact avec l'ALI au travers de l'étude de deux montages simples : le suiveur et l'amplificateur non inverseur, dont les schémas sont rappelés figure 1.

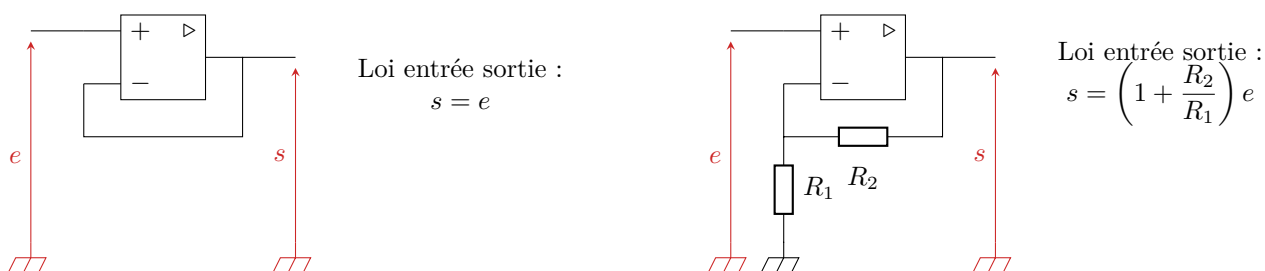


Figure 1 – Schéma des montages utilisés dans ce TP. Gauche : suiveur. Droite : amplificateur non-inverseur, on prendra $R_2 \simeq 5R_1$ au cours de ce TP.

⚠⚠⚠ **Attention !** L'alimentation $+15/-15$ V doit être branchée **AVANT** d'envoyer un quelconque signal sur l'entrée de l'ALI, sans quoi il y a risque de détérioration.

⚠⚠⚠ **Attention !** Vous serez très vigilants à la lisibilité de vos montages : organisation sur la paillasse, couleur des fils, pas de nœuds, etc. Je recommande l'utilisation de fils noirs pour la masse, de fils verts ou bleus pour l'alimentation de l'ALI, et de fils rouges pour le reste.

I - Limitations de l'ALI

I.1 - Tension de décalage : étude en boucle ouverte



Relier à la masse les deux entrées de l'ALI \oplus et \ominus et observer la tension de sortie à l'oscilloscope.

🔗 Que s'attend-on à observer ?

🔗 Qu'observe-t-on en réalité ?



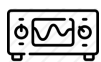
Lorsque les deux entrées d'un ALI sont court-circuitées, la tension de sortie est généralement non nulle. On appelle **tension de décalage** ou **tension d'offset** de l'ALI la tension qu'il faudrait appliquer entre les deux entrées d'un ALI en boucle ouverte pour avoir une tension de sortie nulle lorsque l'une des entrées est reliée à la masse, ou de façon équivalente le potentiel d'une des entrées de l'ALI lorsque l'autre est reliée à la masse. Sur la plupart des ALI, on peut régler cette tension d'offset en branchant un potentiomètre entre les bornes adéquates. Le réglage est sensible ... !

Retrouver dans la notice la valeur constructeur du gain statique μ_0 (« large signal voltage gain A_{vd} »), et en déduire la largeur en tension du domaine linéaire c'est-à-dire la valeur critique ε_c au delà de laquelle l'ALI passe en régime de saturation.

Rappel : en boucle ouverte et en régime linéaire constant, $v_s = \mu_0 \varepsilon$.

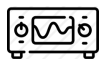
Retrouver dans la notice la valeur constructeur de la tension d'offset (« input offset voltage V_{io} »). Conclure.

1.2 - Saturation en tension : amplificateur non-inverseur



Câbler le **montage amplificateur non-inverseur**, cf. figure 1. Vérifier de manière qualitative et rapide qu'il fonctionne correctement.

Comment procéder à la vérification ?

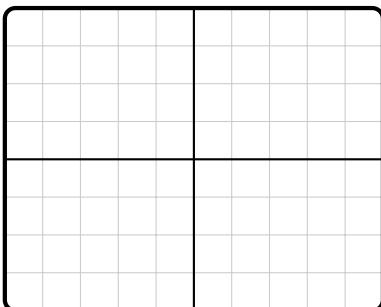


Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mettre en évidence la mise en défaut de la relation entrée-sortie en raison de la saturation en tension de sortie.

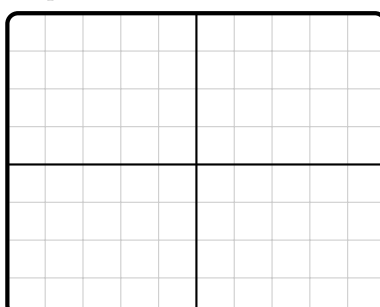
• **Idée du protocole :**

• **Allure des signaux :**

En l'absence de saturation :



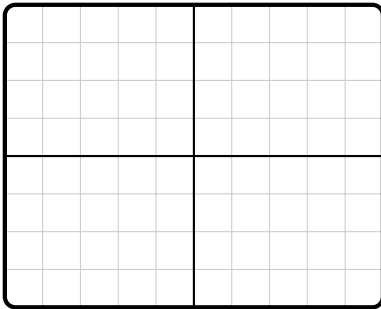
En présence de forte saturation :



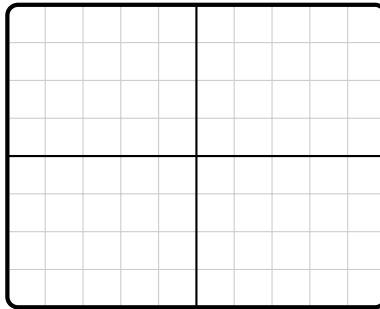
Valeurs des tensions de saturation $\pm V_{sat}$:

• **Analyse spectrale :**

En l'absence de saturation :



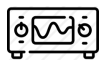
En présence de forte saturation :



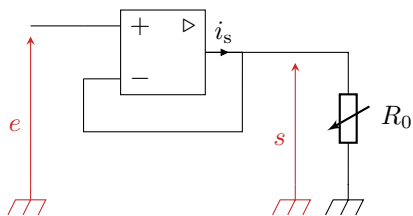
📎 Note technique : comment afficher un spectre à l'oscilloscope ?

📎 Interprétation :

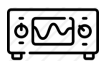
1.3 - Saturation en courant : suiveur



Câbler le **montage suiveur**, cf. figure 1, et vérifier de manière qualitative et rapide qu'il fonctionne correctement.



On ajoute une résistance R_0 en sortie du montage comme indiqué ci-contre. Exprimer le courant de sortie de l'ALI i_s en fonction de R_0 .



Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de mettre en évidence la mise en défaut de la relation entrée-sortie en raison de la saturation du courant de sortie.

📎 Idée du protocole :

📎 Valeur expérimentale du courant de saturation I_{sat} :

📎 Retrouver dans la notice la valeur constructeur du courant de saturation (« output short circuit current I_{os} ») :

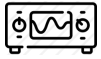


Comment distinguer saturation en courant et saturation en tension ?

I.4 - Slew rate



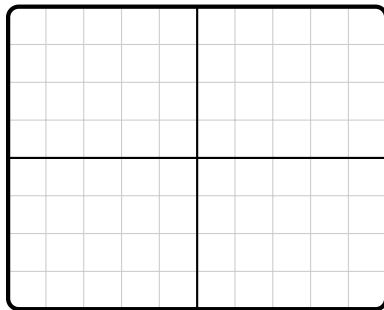
La tension de sortie d'un ALI idéal est capable de suivre instantanément les variations de la tension d'entrée. Il s'agit toutefois d'un modèle : les variations de la tension de sortie d'un ALI réel ne peuvent pas être instantanées. Elles sont bornées par le **slew rate**, qui s'exprime en $V \cdot \mu s^{-1}$.



Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant d'estimer le slew rate. Réfléchir en particulier au signal d'entrée utilisé.

✍ Idée du protocole :

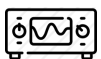
✍ Allure des signaux :



✍ Valeur du slew rate :

✍ Retrouver dans la notice la valeur constructeur du slew rate :

II - Gain de l'amplificateur non-inverseur



Proposer et mettre en œuvre un protocole permettant de vérifier la relation entrée-sortie du montage amplificateur non-inverseur de la figure 1 ainsi que son domaine de validité. Une étude des incertitudes est attendue.

Données :

- ▷ l'oscilloscope utilisé a une résolution de 12 bits, c'est-à-dire qu'il peut distinguer 2^{12} valeurs ;
- ▷ d'après la couleur du dernier anneau, les valeurs de résistance sont garanties à 5 % près.



TL081

General purpose JFET single operational amplifiers

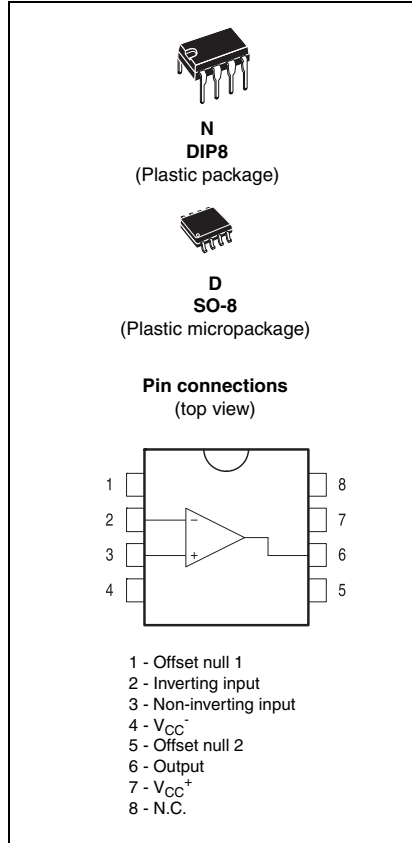
Features

- Wide common-mode (up to V_{CC}^+) and differential voltage range
- Low input bias and offset current
- Output short-circuit protection
- High input impedance JFET input stage
- Internal frequency compensation
- Latch-up free operation
- High slew rate: 16 V/ μ s (typ)

Description

The TL081, TL081A and TL081B are high-speed JFET input single operational amplifiers incorporating well matched, high-voltage JFET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

The devices feature high slew rates, low input bias and offset currents, and low offset voltage temperature coefficient.



1 Schematic diagram

Figure 1. Schematic diagram

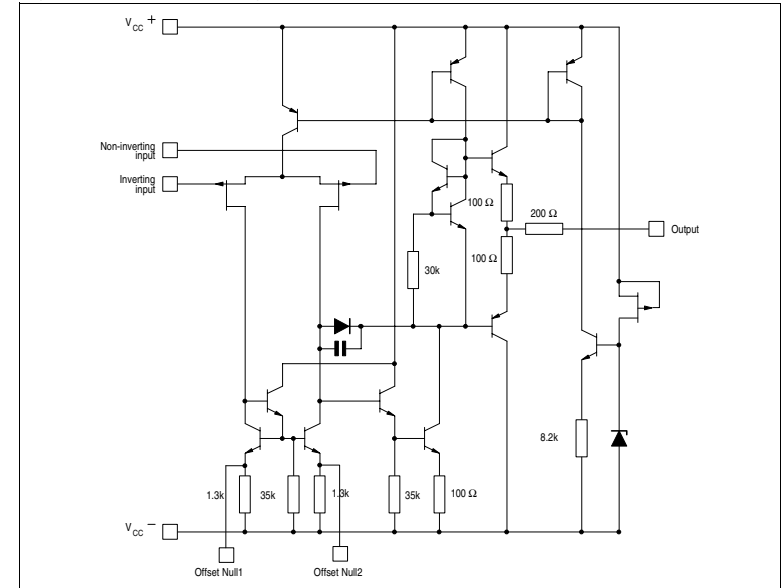
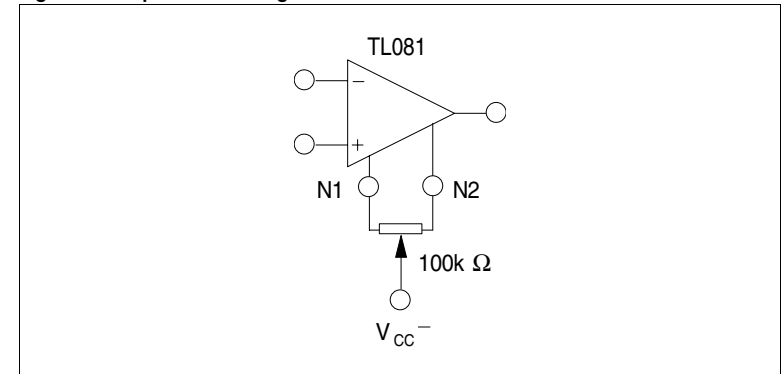


Figure 2. Input offset voltage null circuit



3 Electrical characteristics

Table 3. $V_{CC} = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^{\circ}C$ (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	TL081, AC, AI, BC, BI			TL081C			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V_{io}	Input offset voltage ($R_S = 50\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$		3	10		3	10	mV
	TL081		3	6				
	TL081A		1	3				
	TL081B			13			13	
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			7				
	TL081A			5				
	TL081B							
DV_{io}	Input offset voltage drift		10			10		$\mu V/^{\circ}C$
I_{io}	Input offset current ⁽¹⁾ $T_{amb} = +25^{\circ}C$		5	100		5	100	pA nA
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			4			10	
I_{ib}	Input bias current ⁽¹⁾ $T_{amb} = +25^{\circ}C$		20	200		20	400	nA
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			20			20	
A_{vd}	Large signal voltage gain ($R_L = 2k\Omega$, $V_o = \pm 10V$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$	50	200		25	200		V/mV
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	25			15			
SVR	Supply voltage rejection ratio ($R_S = 50\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$	80	86		70	86		dB
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	80			70			
I_{CC}	Supply current, no load $T_{amb} = +25^{\circ}C$		1.4	2.5		1.4	2.5	mA
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$			2.5			2.5	
V_{icm}	Input common mode voltage range	± 11	+15 -12		± 11	+15 -12		V
CMR	Common mode rejection ratio ($R_S = 50\Omega$) $T_{amb} = +25^{\circ}C$	80	86		70	86		dB
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	80			70			
I_{os}	Output short-circuit current $T_{amb} = +25^{\circ}C$	10	40	60	10	40	60	mA
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$	10		60	10		60	
$\pm V_{opp}$	Output voltage swing $T_{amb} = +25^{\circ}C$	10	12		10	12		V
	$R_L = 2k\Omega$							
	$R_L = 10k\Omega$		13.5		12	13.5		
	$T_{min} \leq T_{amb} \leq T_{max}$							
	$R_L = 2k\Omega$							
	$R_L = 10k\Omega$							
SR	Slew rate ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 10V$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain	8	16		8	16		V/ μs

Table 3. $V_{CC} = \pm 15V$, $T_{amb} = +25^{\circ}C$ (unless otherwise specified) (continued)

Symbol	Parameter	TL081, AC, AI, BC, BI			TL081C			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
t_r	Rise time ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain		0.1			0.1		μs
K_{ov}	Overshoot ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 20mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, unity gain		10			10		%
GBP	Gain bandwidth product ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $V_{in} = 10mV$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, $F = 100kHz$	2.5	4		2.5	4		MHz
R_i	Input resistance		10^{12}			10^{12}		Ω
THD	Total harmonic distortion ($T_{amb} = +25^{\circ}C$) $F = 1kHz$, $R_L = 2k\Omega$, $C_L = 100pF$, $A_v = 20dB$, $V_o = 2V_{pp}$		0.01			0.01		%
e_n	Equivalent input noise voltage $R_S = 100\Omega$, $F = 1kHz$		15			15		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
ϕ_m	Phase margin		45			45		degrees

1. The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature.