

On s'attachera à donner l'expression littérale des résultats. Les applications numériques, comportant l'unité adéquate, seront effectuées lorsque les éléments nécessaires sont disponibles.

### Exercice 1 Amplificateurs

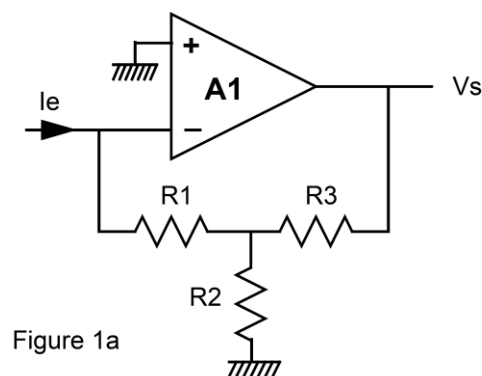


Figure 1a

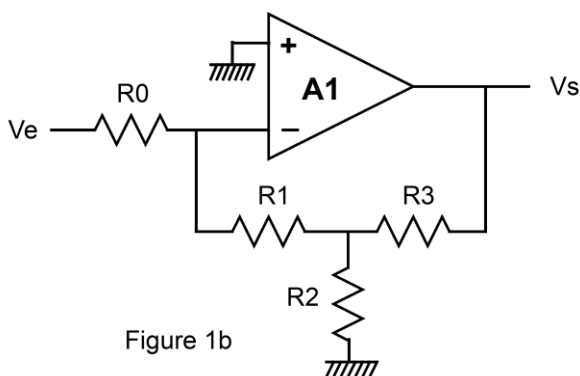


Figure 1b

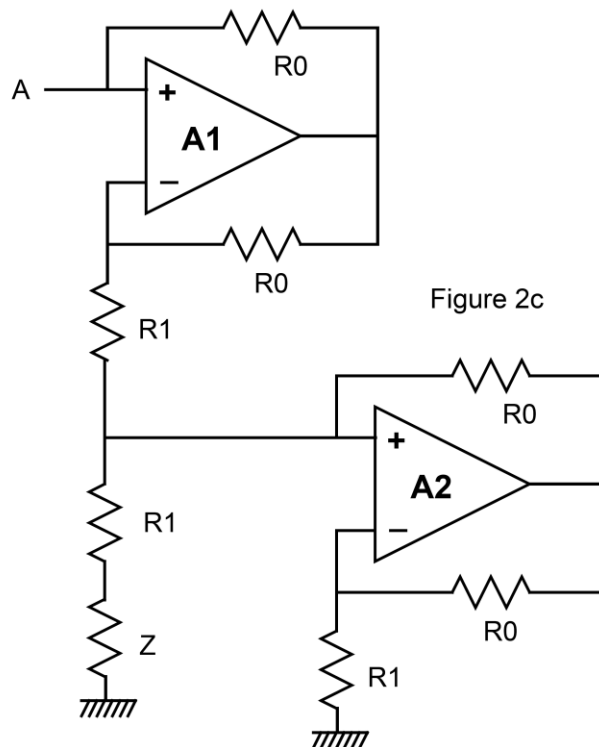
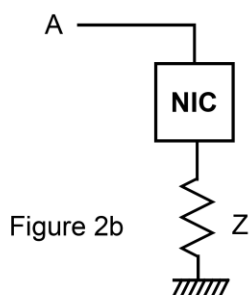
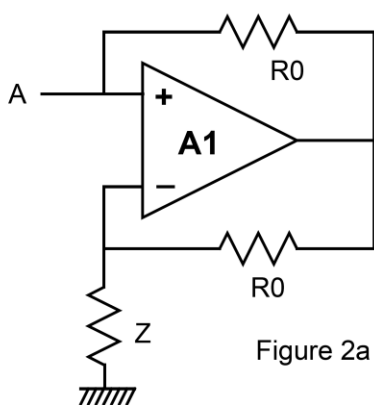
- Déterminer l'expression du gain  $V_s/i_e$  pour le circuit de la figure 1a. Comment doit-on choisir la valeur de  $R_1$  par rapport à  $R_2$  et  $R_3$  pour que l'expression se simplifie en faisant apparaître l'expression du diviseur de tension  $R_2/R_3$  ?
- Déterminer l'expression du gain  $V_s/V_e$  pour le circuit de la figure 1b. Déterminez la valeur de  $R_0$  pour que l'impédance d'entrée soit de  $100k\Omega$ . Choisissez les valeurs de  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  dans la série E24 pour obtenir un gain de  $-1000$ .

Remarque: les valeurs standards de résistance sont comprises entre  $1\Omega$  et  $2.2M\Omega$ , avec 24 valeurs par décade dans le cas de la série E24. Le tableau ci-après donne ces valeurs ainsi que les rapports correspondants.

Valeur du rapport A/B pour la série E24

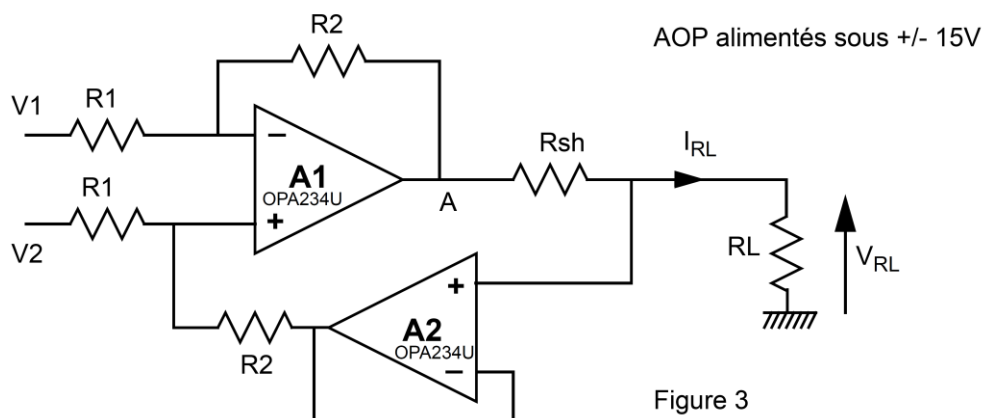
A	B																							
	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91
10	1,000	0,909	0,833	0,769	0,667	0,625	0,556	0,500	0,455	0,417	0,370	0,333	0,303	0,278	0,256	0,233	0,213	0,196	0,179	0,161	0,147	0,133	0,122	0,110
11	1,100	1,000	0,917	0,846	0,733	0,688	0,611	0,550	0,500	0,458	0,407	0,367	0,333	0,306	0,282	0,256	0,234	0,216	0,196	0,177	0,162	0,147	0,134	0,121
12	1,200	1,091	1,000	0,923	0,800	0,750	0,667	0,600	0,545	0,500	0,444	0,400	0,364	0,333	0,308	0,279	0,255	0,235	0,214	0,194	0,176	0,160	0,146	0,132
13	1,300	1,182	1,083	1,000	0,867	0,813	0,722	0,650	0,591	0,542	0,481	0,433	0,394	0,361	0,333	0,302	0,277	0,255	0,232	0,210	0,191	0,173	0,159	0,143
15	1,500	1,364	1,250	1,154	1,000	0,938	0,833	0,750	0,682	0,625	0,556	0,500	0,455	0,417	0,385	0,349	0,319	0,294	0,268	0,242	0,221	0,200	0,183	0,165
16	1,600	1,455	1,333	1,231	1,067	1,000	0,889	0,800	0,727	0,667	0,593	0,533	0,485	0,444	0,410	0,372	0,340	0,314	0,286	0,258	0,235	0,213	0,195	0,176
18	1,800	1,636	1,500	1,385	1,200	1,125	1,000	0,900	0,818	0,750	0,667	0,600	0,545	0,500	0,462	0,419	0,383	0,353	0,321	0,290	0,265	0,240	0,220	0,198
20	2,000	1,818	1,667	1,538	1,333	1,250	1,111	1,000	0,909	0,833	0,741	0,667	0,606	0,556	0,513	0,465	0,426	0,392	0,357	0,323	0,294	0,267	0,244	0,220
22	2,200	2,000	1,833	1,692	1,467	1,375	1,222	1,100	1,000	0,917	0,815	0,733	0,667	0,611	0,564	0,512	0,468	0,431	0,393	0,355	0,324	0,293	0,268	0,242
24	2,400	2,182	2,000	1,846	1,600	1,500	1,333	1,200	1,091	1,000	0,889	0,800	0,727	0,667	0,615	0,558	0,511	0,471	0,429	0,387	0,353	0,320	0,293	0,264
27	2,700	2,455	2,250	2,077	1,800	1,688	1,500	1,350	1,227	1,125	1,000	0,900	0,818	0,750	0,692	0,628	0,574	0,529	0,482	0,435	0,397	0,360	0,329	0,297
30	3,000	2,727	2,500	2,308	2,000	1,875	1,667	1,500	1,364	1,250	1,111	1,000	0,909	0,833	0,769	0,698	0,638	0,588	0,536	0,484	0,441	0,400	0,366	0,330
33	3,300	3,000	2,750	2,538	2,200	2,063	1,833	1,650	1,500	1,375	1,222	1,100	1,000	0,917	0,846	0,767	0,702	0,647	0,589	0,532	0,485	0,440	0,402	0,363
36	3,600	3,273	3,000	2,769	2,400	2,250	2,000	1,800	1,636	1,500	1,333	1,200	1,091	1,000	0,923	0,837	0,766	0,706	0,643	0,581	0,529	0,480	0,439	0,396
39	3,900	3,545	3,250	3,000	2,600	2,438	2,167	1,950	1,773	1,625	1,444	1,300	1,182	1,083	1,000	0,907	0,830	0,765	0,696	0,629	0,574	0,520	0,476	0,429
43	4,300	3,909	3,583	3,308	2,867	2,688	2,389	2,150	1,955	1,792	1,593	1,433	1,303	1,194	1,103	1,000	0,915	0,843	0,768	0,694	0,632	0,573	0,524	0,473
47	4,700	4,273	3,917	3,615	3,133	2,938	2,611	2,350	2,136	1,958	1,741	1,567	1,424	1,306	1,205	1,093	1,000	0,922	0,839	0,758	0,691	0,627	0,573	0,516
51	5,100	4,636	4,250	3,923	3,400	3,188	2,833	2,550	2,318	2,125	1,889	1,700	1,545	1,417	1,308	1,186	1,085	1,000	0,911	0,823	0,750	0,680	0,622	0,560
56	5,600	5,091	4,667	4,308	3,733	3,500	3,111	2,800	2,545	2,333	2,074	1,867	1,697	1,556	1,436	1,302	1,191	1,098	1,000	0,903	0,824	0,747	0,683	0,615
62	6,200	5,636	5,167	4,769	4,133	3,875	3,444	3,100	2,818	2,583	2,296	2,067	1,879	1,722	1,590	1,442	1,319	1,216	1,107	1,000	0,912	0,827	0,756	0,681
68	6,800	6,182	5,667	5,231	4,533	4,250	3,778	3,400	3,091	2,833	2,519	2,267	2,061	1,889	1,744	1,581	1,447	1,333	1,214	1,097	1,000	0,907	0,829	0,747
75	7,500	6,818	6,250	5,769	5,000	4,688	4,167	3,750	3,409	3,125	2,778	2,500	2,273	2,083	1,923	1,744	1,596	1,471	1,339	1,210	1,103	1,000	0,915	0,824
82	8,200	7,455	6,833	6,308	5,467	5,125	4,556	4,100	3,727	3,417	3,037	2,733	2,485	2,278	2,103	1,907	1,745	1,608	1,464	1,323	1,206	1,093	1,000	0,901
91	9,100	8,273	7,583	7,000	6,067	5,688	5,056	4,550	4,136	3,792	3,370	3,033	2,758	2,528	2,333	2,116	1,936	1,784	1,625	1,468	1,338	1,213	1,110	1,000

### Exercice 2 : Convertisseur d'impédance négative (NIC) et gyrateur



1. Déterminer l'expression de l'impédance d'entrée au point A pour le circuit de la figure 2a
2. Le circuit de la figure 2a peut être symbolisé par celui de la figure 2b. Redessinez le circuit de la figure 2c en utilisant cette propriété et déterminez l'impédance vue en A.
3. Pour  $R_1 = 100k\Omega$  et si Z est une capacité de  $100pF$ , quel est au point A le composant (nature et valeur) équivalent à l'ensemble du circuit de la figure 2c?

### Exercice 3 : Source de courant



1. Déterminez l'expression du courant  $I_{RL}$  en fonction de  $V_1$  et  $V_2$ .

Pour les questions suivantes,  $R_1 = R_2 = 100k\Omega$ ,  $R_{sh} = 100\Omega$  et  $V_1 = 0$ .

2. Déterminez l'expression du courant  $I_{RL}$  en fonction de  $V_2$ . Par quel composant est fourni le courant  $I_{RL}$ ? Quelle est la plage de valeur pour le courant  $I_{RL}$ ? A quelle plage de tension  $V_2$  cela correspond-il?
3. Quelle est l'expression de la tension au nœud A? Quelle est la plage de tension possible pour la tension au point A (rechercher le cas le plus défavorable)? Pour les valeurs extrêmes de  $V_2$ , quelle est la valeur maximale admissible de  $R_L$ ? La tension  $V_{RL}$  correspondante est-elle compatible avec les caractéristiques d'entrée de l'AOP A2?
4. Pour  $V_2 = 0$ , quelle est l'erreur sur le courant  $I_{RL}$  due à la tension d'offset de l'AOP A2? Même question pour le courant de polarisation de l'AOP A2. Quel est l'effet dominant?

# ELECTRICAL CHARACTERISTICS: $V_S = \pm 15V$

At  $T_A = 25^\circ C$ ,  $V_S = \pm 15V$ , and  $R_L = 10k\Omega$  connected to ground, unless otherwise noted.

PARAMETER	CONDITION	OPA234U, E OPA2234U			OPA234UA, EA OPA2234UA OPA4234UA, U			UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
<b>OFFSET VOLTAGE</b> Input Offset Voltage OPA4234U Model vs Temperature <sup>(1)</sup> vs Power Supply vs Time Channel Separation (Dual, Quad)	$V_{OS}$  $dV_{OS}/dT$ PSRR	$V_{CM} = 0V$  Operating Temperature Range $V_S = \pm 1.35V$ to $\pm 18V$ , $V_{CM} = 0V$	$\pm 70$ $\pm 0.5$ 3 0.2 0.3	$\pm 250$ $\pm 5$ 10		*	$\pm 500$ $\pm 250$ *	$\mu V$ $\mu V$ $\mu V/^\circ C$ $\mu V/V$ $\mu V/mo$ $\mu V/V$
<b>INPUT BIAS CURRENT</b> Input Bias Current <sup>(2)</sup> Input Offset Current	$I_B$ $I_{OS}$	$V_{CM} = 0V$ $V_{CM} = 0V$	$-12$ $\pm 1$	$-25$ $\pm 5$		*	$-50$ *	nA nA
<b>NOISE</b> Input Voltage Noise Density Current Noise Density	$v_n$ $i_n$	$f = 1kHz$	25 80			*		$nV/\sqrt{Hz}$ $fA/\sqrt{Hz}$
<b>INPUT VOLTAGE RANGE</b> Common-Mode Voltage Range Common-Mode Rejection	CMRR	$V_{CM} = -15V$ to $14V$	(V-) 91 106	(V+) -1	*	*	*	V dB
<b>INPUT IMPEDANCE</b> Differential Common-Mode		$V_{CM} = 0V$	$10^7 \parallel 5$ $10^{10} \parallel 6$			*		$\Omega \parallel pF$ $\Omega \parallel pF$
<b>OPEN-LOOP GAIN</b> Open-Loop Voltage Gain	$A_{OL}$	$V_O = -14.5V$ to $14V$	110 120		100	*		dB
<b>FREQUENCY RESPONSE</b> Gain-Bandwidth Product Slew Rate Settling Time: 0.1% 0.01% Overload Recovery Time	GBW SR	$C_L = 100pF$  $G = 1$ , 10V Step, $C_L = 100pF$ $G = 1$ , 10V Step, $C_L = 100pF$ ( $V_{RN}$ ) (Gain) = $V_S$	0.35 0.2 41 47 22			*		MHz V/ $\mu s$ $\mu s$ $\mu s$ $\mu s$
<b>OUTPUT</b> Voltage Output: Positive Negative Short-Circuit Current Capacitive Load Drive (Stable Operation) <sup>(3)</sup>	$I_{SC}$	$G = +1$	(V+) -1 (V-) +0.5  $\pm 22$ 1000	(V+) -0.7 (V-) +0.15  $\pm 22$ 1000	*	*		V V mA pF
<b>POWER SUPPLY</b> Specified Operating Voltage Operating Voltage Range Quiescent Current (per amplifier)	$I_Q$	$I_O = 0$	$\pm 1.35$ $\pm 275$	$\pm 15$ $\pm 18$ $\pm 350$	*	*	*	V V $\mu A$
<b>TEMPERATURE RANGE</b> Specified Range Operating Range Storage Thermal Resistance 8-Pin DIP SO-8 Surface-Mount MSOP-8 Surface-Mount 14-Pin DIP SO-14 Surface-Mount	$\theta_{JA}$		-40 -40 -55  100 150 220 80 110	+85 +125 +125	*	*	*	$^\circ C$ $^\circ C$ $^\circ C$ $^\circ C$ $^\circ C/W$ $^\circ C/W$ $^\circ C/W$ $^\circ C/W$ $^\circ C/W$

\* Specifications same as OPA234U, E.

NOTES: (1) Wafer-level tested to 95% confidence level. (2) Positive conventional current flows into the input terminals. (3) See *Small-Signal Overshoot vs Load Capacitance* typical curve.

#### Exercice 4 : Redresseur sans seuil

AOP alimentés sous +/- 15V

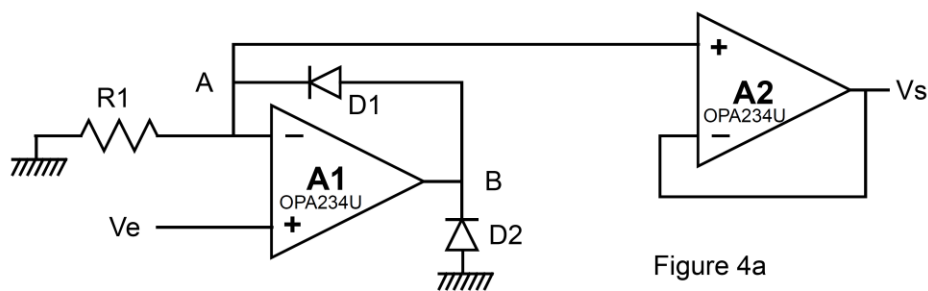


Figure 4a

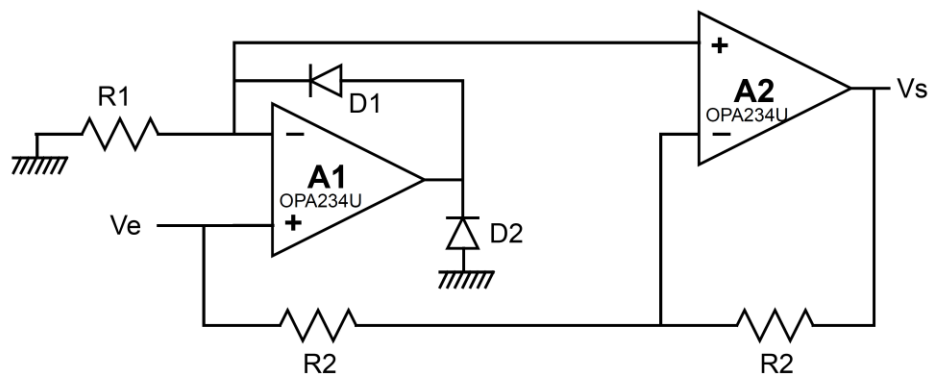


Figure 4b

1. Pour le schéma de la figure 4a, en supposant la diode  $D_2$  absente et l'AOP A1 idéal, quelle est la forme d'onde en A et B pour  $V_e = 1 \sin(2\pi 3105 t)$  ?
2. Même question que précédemment mais en prenant en compte le slew-rate de l'AOP A1.
3. En fonction du résultat de la question précédente, justifiez l'intérêt de la diode  $D_2$ .
4. Quelle est l'utilité de  $R_1$  et de A2 ?
5. Quel est le courant maximum dans  $D_1$  et  $D_2$  pour  $R_1 = 10k\Omega$  ?
6. Pour le schéma de la figure 4b, donnez la forme d'onde en  $V_s$  pour une tension sinusoïdale en entrée.
7. Question subsidiaire: quelle est la tension de seuil du redresseur ainsi réalisé ?