

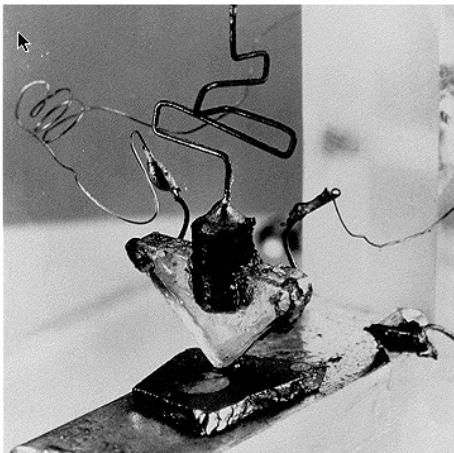


Département
Electronique - Physique

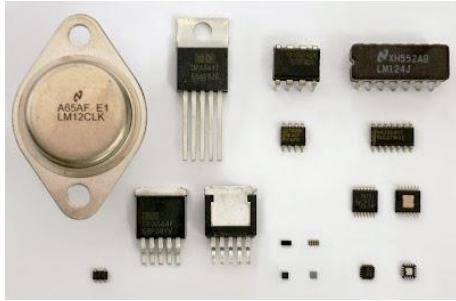
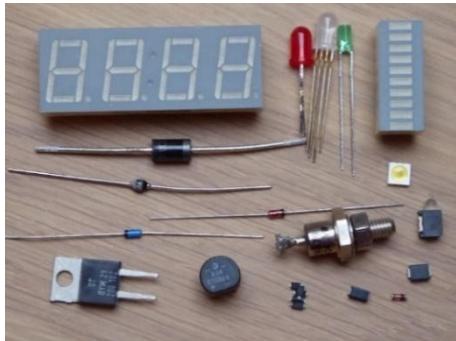
2^e Cycle

Grenoble-INP
ESISAR

Travaux Pratiques EP330–EP331



Composants Electroniques



Responsable : Guy Dehay
Auteurs : Guy Dehay
Création sept 2023

Imprimé : nov. 25

guy.dehay@grenoble-inp.fr
Bureau : B106
Révision : sept 2025

Table des matières

Table des matières	2	IV/ AOP parfait en linéaire Amplificateur différentiel	8
Informations générales.....	3	TP2 Manipulation	9
I/ Conseils	3	V/ Source de courant	9
II/ Attentes	3	VI/ AOP parfait en Commutation	9
III/ Examen de TP Individuelle.....	3	VII/ AOP parfait en Linéaire	9
IV/ Séances	3	TP3 Préparation.....	10
TP1 – Préparation	4	I/ AOP réel - Défaut statique	10
I/ Diodes.....	4	II/ AOP réel - défaut dynamique	10
II/ Transistors en commutation	4	TP3 Manipulation.....	11
TP1 Manipulations.....	6	I/ AOP réel - Défaut statique	11
I/ Diode	6	II/ AOP réel - Défaut dynamique.....	11
II/ Transistor	6	ANNEXES	12
TP2 Préparation	7	Résistances Normalisées	13
I/ Source de courant	7	I/ Organisation des valeurs des résistances	13
III/ AOP parfait en Commutation Trigger de Schmitt –		II/ Séries normalisées	13
Comparateur à fenêtre – Comparateur à hystérésis.....	8	III/ Lecture des résistances	13

Informations générales

I/ Conseils

Soyez curieux

développez votre autonomie 😊

Lire le sujet du TP préparation et manipulation en entier dès le début.

Préparation longue – n'attendez pas le dernier moment

Courbe avec des échelles – repère tracé à la règle.

II/ Attentes

La préparation doit obligatoirement être réalisée avant la séance ... bien avant !!

Cela sera vérifié par l'encadrant en début de séance. Vous n'aurez le droit à l'accompagnement de l'encadrant en séance que si la préparation a pu être exhibée.

Le compte rendu sera à réaliser pour vous, ne sera pas relevé en fin de séance, ne sera pas noté.

III/ Examen de TP Individuelle

Sans document, avec calculette

Sujet différent – toutefois proche de ceux réalisés en séance.

Malus s'il y a eu des TP sans préparation.

IV/ Séances

1/ EP330

Date	h	Nom	Gp
jeu 25 sept 25	08h30	ALLANE	2
ven 26 sept 25	13h45	ALLANE	5
ven 26 sept 25	08h30	ALLANE	6
jeu 02 oct 25	08h30	ALLANE	3
ven 03 oct 25	08h30	ALLANE	1
ven 03 oct 25	13h45	ALLANE	4
jeu 23 oct 25	08h30	BOEL	2
ven 24 oct 25	13h45	BOEL	5
ven 24 oct 25	08h30	BOEL	6
jeu 06 nov 25	08h30	BOEL	3
ven 07 nov 25	08h30	BOEL	1
ven 07 nov 25	13h45	BOEL	4
jeu 04 déc 25	08h30	ALLANE	2
ven 05 déc 25	13h45	ALLANE	5
ven 05 déc 25	08h30	ALLANE	6
jeu 11 déc 25	08h30	BOEL	3
ven 12 déc 25	08h30	ALLANE	1
ven 12 déc 25	13h45	ALLANE	4

2/ EP331

Date	Heure	Nom	Gp
mar 23 sept 25	08h30	ALLANE	G1
mar 23 sept 25	08h30	SILVA SOUZA	G2
mar 18 nov 25	08h30	ALLANE	G1
mar 18 nov 25	08h30	SILVA SOUZA	G2
mar 09 déc 25	08h30	ALLANE	G1
mar 09 déc 25	08h30	SILVA SOUZA	G2

TP1 – Préparation

I/ Diodes

1/ Diodes à anodes ou cathode communes (Très simple)

- Présenter un afficheur 7 segments à anode commune puis à cathode commune. Vous développerez le mode commande et le calcul des éléments indispensables.

2/ Etude de la commutation (assez simple)

a/ Montage d'étude

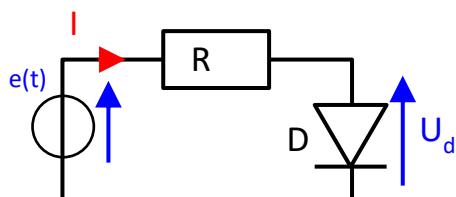


Fig. 1

La tension $e(t)$ est en créneaux de valeur crête 5 V, de valeur moyenne nulle et de fréquence f_0 de 20 kHz.

La diode D est de redressement (1N4008).

b/ Diode : modèle linéaire

- A partir de la data sheet, déterminez le modèle linéaire de la diode.
- Calculez la valeur théorique de la résistance R pour avoir un courant de 1 mA. Déterminer alors la valeur normalisée pour avoir un courant juste supérieur.
- Tracez le chronogramme sur une période et demi. Que ce passe-t-il si vous passez la fréquence à 200 kHz.

c/ Diode réelle

• Blocage (ouverture)

- Décrivez le blocage de la diode en y incluant le phénomène de charge stockée. Vous spécifierez la notion de « retrouver son pouvoir bloquant ».

• Mise en conduction (fermeture)

- Pourquoi le t_{on} le temps de mise en conduction n'est pas instantané ?

• Chronogramme

- Tracez le chronogramme sur une période et demi. Que ce passe-t-il si vous passez la fréquence à 200 kHz.

3/ Caractéristique de diode (pas trop dure)

- En partant du schéma Fig. 2, proposer un schéma de montage permettant de visualiser sur un oscilloscope, la caractéristique de la diode.

II/ Transistors en commutation

1/ Montage NON fonctionnel

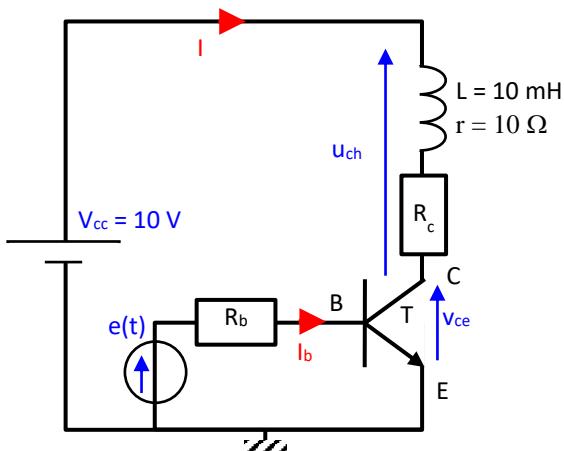


Fig. 2

Le transistor est piloté par la tension $e(t)$ définie comme suit :

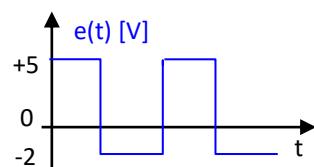


Fig. 3 : signal de commande du transistor, 50 kHz.

a/ Transistor 2N2219A

• Caractéristiques constructeurs

Vous prendrez un 2N2219A boîtier TO39.

Déterminez d'après le document constructeur les valeurs typiques des éléments suivants

- Le gain en courant
- V_{ce} saturation
- La tension d'avalanche de la jonction BE
- La tension de claquage de collecteur - Emetteur.

• Surface d'utilisation SOA

Présenter la SOA en précisant l'origine des différentes limitations.

b/ Calculs des composants

Dans le schéma du montage Fig. 2, on souhaite limiter le courant i_c à 20 mA lorsque le transistor est saturé.

- Déterminer la valeur théorique de R_C puis déterminer la normalisée la mieux adaptée
- Déterminer la valeur de i_b avec la valeur typique de β puis calculez la résistance R_b .
- Pourquoi le calcul précédent ne marche pas ?
- Calculez la valeur de R_b de façon à être sur que le transistor soit saturé.

c/ Phénomène de commutation

On souhaite étudier les signaux du montage Fig. 2 sur une période. La mise en conduction du transistor est supposée instantanée.

- Présenter le blocage en tenant compte du phénomène de charge stockée.

• Commutation sur charge inductive

- Rechercher les paramètres de commutation du transistor 2N2219A.

d/ Montage sans diode de roue libre

Afin d'expliquer le phénomène de surtension au blocage du transistor, nous supposerons que le courant décroît de façon linéaire avec une pente « a » correspondant à une décroissance sur 10 μ s.

- Exprimez le courant i_c en fonction de « a » et I_{c_max} .
- Quelle est alors durant la phase de blocage la tension aux bornes de L .
- Tracez i_c et v_{ce} en fonction du temps.
- Faites un commentaire.

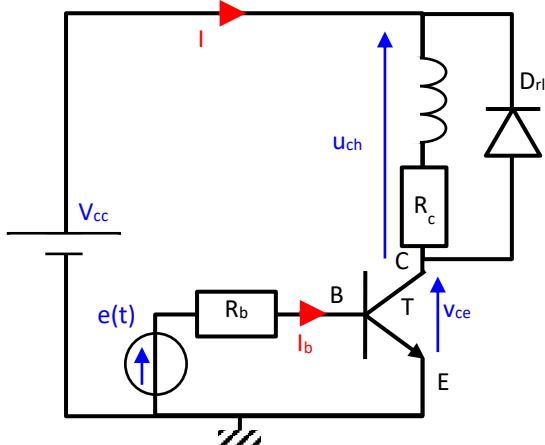
2/ Montage fonctionnel – avec diode de roue libre

Fig. 4

Afin de limiter la surtension aux bornes du transistor, on place une diode D_{rl} en anti parallèle dite de « roue libre ». Le transistor est parfait, ces **commutations sont instantanées**.

- Etudiez le courant $i_c(t)$, les tensions u_c et $v_{ce}(t)$ pendant une période complète d'ouverture/fermeture du transistor. Tracez $i_c(t)$, $u_c(t)$ et $v_{ce}(t)$.

3/ Aide à la commutation (Plus difficile)

Afin de faire commuter le transistor plus rapidement proposer un ou plusieurs montages d'aide à la commutation et expliquez-les. Mots clefs pour faire vos recherches :

- Diode anti saturation.
- Circuit d'aide à la commutation
- Choisir un montage simple et présenter l'explication.

TP1 Manipulations

I/ Diode

1/ Commutation de la diode

Dans les conditions de la préparation sur la commutation de la diode, réalisez les manipulations.

- A partir de vos visualisations sur l'oscilloscope, relevez la tension $e(t)$ et l'image du courant $i(t)$. Ajuster la fréquence de façon à obtenir un oscillogramme de même allure que le graphe.
- Vous y indiquerez les temps t_{on} et t_{off} .
- En proposant un protocole de mesure, vérifiez que t_{on} et t_{off} ne dépendent pas de la fréquence.
- Multipliez par 20 la fréquence de $e(t)$. Que constatez-vous ?

2/ Caractéristique de la diode

- Réaliser le montage que vous avez prévu pour visualiser la caractéristique de la diode.
- Relevez là et déterminer alors la résistance dynamique et la tension de seuil.

II/ Transistor

1/ Transistor en commutation

a/ Commutation sur une charge résistive seule

- Réaliser le montage correspondant à l'étude avec les valeurs calculées.
- Visualiser puis relevez les tensions $e(t)$ et v_{ce} . Relever v_{BB} et v_{ce} en y faisant apparaître t_{on} et t_{off} .

b/ Commutation sur charge inductive ($R_L, L = 47 \text{ mH}$)

• Montage sans diode de roue libre

- Réaliser le montage sans diode de roue libre.
- Relevez à l'aide de l'oscilloscope les tensions e , u_{ch} et v_{ce} . Justifier les surtensions qui apparaissent aux bornes de la bobine.

• Montage avec diode de roue libre (DRL)

- Réalisez le montage avec diode de roue libre.
- Relevez à l'aide de l'oscilloscope les tensions e , u_{ch} et v_{ce} .
- Que constatez-vous par rapport à votre étude. Quel est le rôle de la diode ?

c/ Aides à la commutation

- Justifier les résultats expérimentaux. en faisant apparaître, notamment l'influence de la diode anti-saturation (sur la tension V_{CE} , les courants I_B et I_C , la puissance dissipée).
- Expliquer le rôle du circuit anti-saturation et montrer son influence sur :
 - - la tension V_{CE} ;
 - - le temps de blocage (t_{OFF}) ;
 - - la puissance dissipée pendant la conduction ;
 - - le courant de base I_B par rapport au courant de collecteur I_C lorsque ce circuit est branché ?
- Expliquer pourquoi il y a intérêt à maintenir la tension de base négative lorsque le transistor est bloqué

Fin TP1

TP2 Préparation

I/ Source de courant

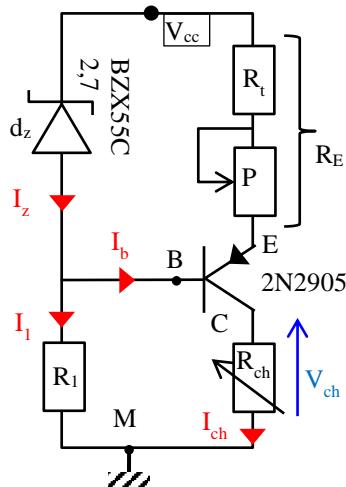


Fig. 5 : Source de courant à transistor PNP

1/ Préambule

Le montage présenté est une source de courant constant que vous allez dimensionner. Les choix initiaux ont été réalisés afin de ne pas avoir de soucis d'approvisionnement en composants. La structure serait semblable voir identique pour un courant I_{ch} plus important. Il faut toutefois être attentif à la puissance dans les composants.

2/ Cahier des charges

On souhaite pouvoir régler le courant dans la charge R_{ch} entre 1 et 100mA.

Une fois les résistances théoriques calculées pensez bien à choisir la résistance normalisée la mieux adaptée.

- Transistor : 2N2905
- Vous négligerez 1 devant β .
- Zener 2,7 V – BZX55C 2,7
- Plage de résistance de charge : 0 à 100Ω

3/ Etude quantitative

a/ Alimentation

Calculez la tension d'alimentation minimum pour respecter le cahier des charges.

Pour la suite vous prendrez 12 V.

b/ Transistor

- Trouvez avec la data sheet du transistor les éléments suivants :
 - Le gain en courant
 - V_{ce} saturation
 - La tension d'avalanche de la jonction BE
 - La tension de claquage de collecteur - Emetteur.
- Le transistor résiste-t-il à la puissance dissipée maximum ?

c/ Zener

- Trouvez avec la data sheet de la diode les éléments suivants :

$$\bullet U_{zt} \quad \bullet U_{zk} \quad \bullet I_{st} \quad \bullet I_{sk} \quad \bullet I_{zmax}$$

d/ Résistances d'émetteur

Le courant dépendant directement de la R_E . Calculer les bornes min et max que doit prendre R_E . En déduire la résistance talon et la valeur du potentiomètre de réglage.

e/ Résistance R_1

Le courant de base doit être rester négligeable de I_1 .

- Calculez R_1 de façon à garantir que la diode zener soit toujours polarisée.

III/ AOP parfait en Commutation Trigger de Schmitt – Comparateur à fenêtre – Comparateur à hystéresis

1/ Schéma

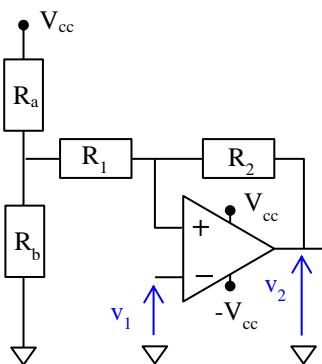
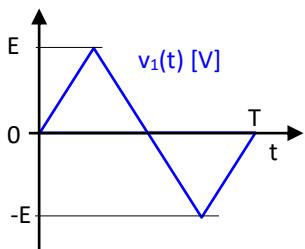


Fig. 6 : Trigger de Scmitt.

g. 7 : Tension d'entrée $v_1(t)$.

2/ Données

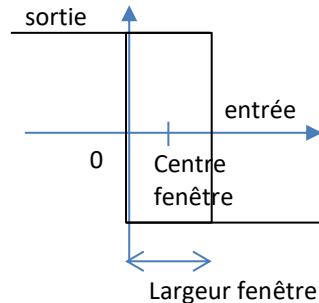
- AOP parfait (TL081 – LM741)
- $V_{cc} = 15 \text{ V}$
- $R_a = 2,1 \text{ k}\Omega$ $R_b = 1 \text{ k}\Omega$
- $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 470 \text{ k}\Omega$
- $E = 12\text{V}$ $T = 1 \text{ ms}$

3/ Préliminaires

- Rappelez les propriétés de l'AOP parfait.
- Quel type de réaction est présente dans ce montage ?
- Pourquoi avoir choisi $R_1 R_2$ très grand devant $R_a R_b$?

4/ Analyse du montage

- Etudiez le montage afin de tracer le chronogramme de V_1 , V_+ et v_2 en fonction du temps.
- Tracez la caractéristique entrée-sortie v_2 en fonction de v_1 .



- Exprimez la largeur de la fenêtre en fonction des éléments du montage.
- Exprimez le centre de la fenêtre en fonction des éléments du montage.
- A quoi sert ce montage ?
- En quoi il est intéressant de « régler » la largeur de la fenêtre et sa position ?

IV/ AOP parfait en linéaire Amplificateur différentiel

1/ Montage

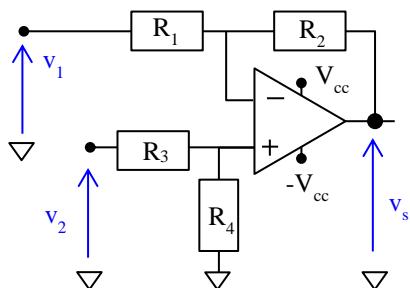


Fig. 8 :

2/ Données

- AOP parfait (TL081 – LM741)
- $V_{cc} = 15 \text{ V}$
- $R_3 = 10 \text{ k}\Omega$ $R_4 = 100 \text{ k}\Omega$
- $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 100 \text{ k}\Omega$

3/ Analyse

a/ Etude fonctionnelle

- Exprimez la tension de sortie v_s en fonction de v_1 et v_2 et des résistances. L'usage du théorème de superposition peut être pertinent.
- Quelle est la fonctionnalité de ce montage ?

b/ Chronogramme

On se propose d'étudier le montage avec deux signaux prédefinis.

1^{er} cas

$v_1(t)$:

- Signal sinusoïdale
- Valeur crête $0,2 \text{ V}$
- $\langle v_1(t) \rangle = 0$
- Fréquence 10 kHz
- Tracez le chronogramme des 3 signaux v_1 v_2 et v_s .

$v_2(t)$:

- Signal triangulaire
- Valeur crête $0,2 \text{ V}$
- $\langle v_2(t) \rangle = 0$
- Fréquence 1 kHz

2^e casv₁(t) :

- Signal sinusoïdale
- Valeur crête 5 mV
- $\langle v_1(t) \rangle = 10$ V
- Fréquence 1 kHz

v₂(t) :

- Signal sinusoïdale
- Valeur crête 50 mV
- $\langle v_2(t) \rangle = 10$ V
- Fréquence 1 kHz
- Déphasé de 180°/ v₁

- Tracez le chronogramme des 3 signaux v₁ v₂ et v_s.

TP2 Manipulation**V/ Source de courant**

- Câbler votre montage et réaliser les mesures adaptées afin de valider la bonne tenue du cahier des charges.
- Vous penserez à décrire les protocoles de mesures.

VI/ AOP parfait en Commutation**1/ Validation de l'étude**

- Câbler le montage et tester le fonctionnement avec le signal d'entrée défini dans la préparation. Relevez les chronogrammes.
- Visualiser sur l'oscilloscope la caractéristique entrée sortie du montage.

2/ Recherche des limites

Vous attaquez maintenant avec un signal de 100 kHz.

- Décrivez / Mesurer / Relevez et Expliquez ce que vous observez.

3/ Question bonus

Pourquoi ne jamais utiliser un AOP sans contre réaction ?

VII/ AOP parfait en Linéaire**1/ Validations fonctionnelles****a/ Conditions de test simple.**

- Câblez le montage.
- Proposez un protocole simple pour valider le bon fonctionnement du montage.
- Mettez en œuvre ce protocole et valider le bon fonctionnement de votre dispositif.

b/ Validation complexeVous utiliserez les conditions des signaux v₁ et v₂ définies dans la préparation correspondant au 1^{er} cas d'analyse

- Vérifiez que vous obtenez ce que vous avez prévu.
- Réalisez le relevé des signaux.

2/ Difficultés « invisibles »Vous utiliserez les conditions des signaux v₁ et v₂ définies dans la préparation correspondant au 2^{ème} cas d'analyse.

- Qu'observez-vous ?
- Comment expliquez-vous ce que vous observez
- Réalisez le relevé des signaux.

Fin TP2

TP3 Préparation

I/ AOP réel - Défaut statique

1/ Composants

- Donnez le schéma équivalent de l'AOP avec tous ses défauts statiques.
- A partir des data-sheet remplissez le tableau suivant avec les valeurs typiques et calculez alors I_{P^+} et I_{P^-}

Référence	LM741	TL081
Tension de décalage u_d		
Courant de polarisation		
Courant de décalage		
I_{P^+}		
I_{P^-}		

2/ Effets des défauts

a/ Objectif

Avec les mesures des 3 montages qui suivent, on souhaite remonter aux valeurs des défauts statiques.

b/ Montages

• Suiveur

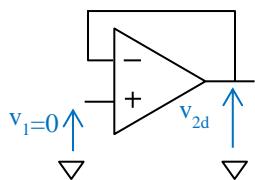


Fig. 9 : Montage suiveur

- Avec tous les défauts statiques • $u_d \cdot I_{P^+} \cdot I_{P^-}$, et une entrée v_1 à zéro, exprimez la tension de sortie v_{2d} du montage suiveur (eq1).

• Inverseur non compensé

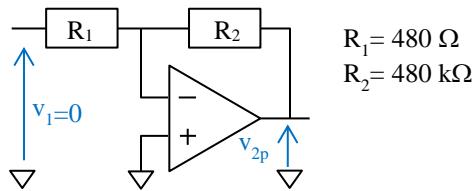


Fig. 10 : amplificateur inverseur sans compensation.

- Avec tous les défauts statiques • $u_d \cdot I_{P^+} \cdot I_{P^-}$, et une entrée à zéro, exprimez la tension de sortie d'un montage ampli inverseur (eq2).

• Inverseur compensé

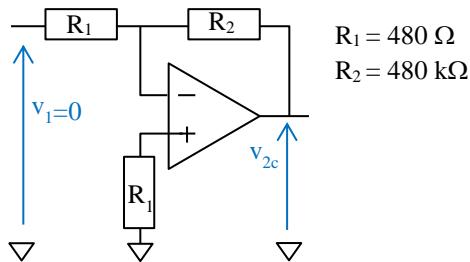


Fig. 11 : amplificateur inverseur avec compensation.

- Avec tous les défauts statiques • $u_d \cdot I_{P^+} \cdot I_{P^-}$, et une entrée à zéro, exprimez la tension de sortie d'un montage inverseur compensé (eq3).

c/ Finalisation

Avec les trois relations précédentes eq1, eq2, eq3, exprimez les grandeurs des défauts statiques • $u_d \cdot I_{P^+} \cdot I_{P^-}$.

NB : il s'agit d'inversé le système afin qu'avec les mesures pratique de ces 3 montage vous remontiez aux valeur des défauts.

II/ AOP réel - défaut dynamique

1/ Système bouclé du 1^{er} ordre

a/ Produit Gain Bande

Soit le système bouclé ci-dessous avec $A(p)$ un système du premier ordre. Le bloc retour est constant.

$$A(p) = \frac{v_s}{v_e} = \frac{A_o}{\varepsilon} \frac{1 + \frac{p}{\omega_o}}{1 + \frac{p}{\omega_o}}$$

ω_o et A_o sont constants

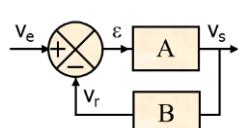


Fig. 12 : Système bouclé.

• Boucle ouverte

- Exprimez la fréquence unité f_u pour laquelle $A(\omega_u) = 1$; 1 petit devant ω_u/ω_o .

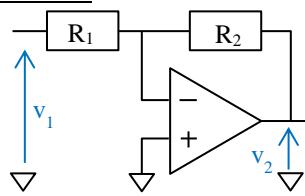
• Boucle fermée

- Exprimez A_{obf} le gain statique du système en boucle fermée ω_{obf} et la pulsation de coupure à -3 dB du gain statique A_{obf} en fonction des constantes du système.

• Lien BO – BF

- Montrer alors que le produit gain-bande est constant.

$$PGB = A_{obf} \cdot f_{obf} = f_u$$

2/ Amplificateur inverseur**a/ AOP Parfait**

$$R_1 = 1,2 \text{ k}\Omega$$

$$R_2 = 120 \text{ k}\Omega$$

L'amplificateur opérationnel est parfait.

- Exprimez et calculez A_1 le gain de l'ampli.

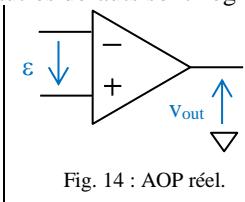
b/ AOP NON Parfait

Le gain en boucle ouverte de l'amplificateur opérationnel $A(p)$ est un système du 1^{er} ordre. Les autres défauts sont négligés.

$$A(p) = \frac{v_{out}}{\varepsilon} = \frac{A_o}{1 + \frac{p}{\omega_o}}$$

$$A_o = 10^5$$

$$\omega_o = 2\pi 40 \text{ rd/s}$$



- Donnez le schéma équivalent de l'AOP ave ce défaut.
- Faire le schéma équivalent du montage Fig. 13 en utilisant le schéma équivalent de l'AOP.
- Calculez le produit gain bande.
- Exprimez alors la fonction de transfert de l'ampli.

$$A_2(p) = v_2/v_1$$

- Trouver l'expression de B en fonction de R_1 et R_2 .

• Conseil méthodologique de calcul

- 1^{ère} étape : gardez $A(p)$ et exprimez $H_2(p)$.
- 2^{ème} étape : développez $A(p)$ et écrire sous forme canonique du 1er ordre.
- Tracez le diagramme de Bode en gain uniquement. Placer la fréquence unité f_u .

3/ Slew rate

- Définissez le slew-rate
- Proposer un montage simple avec un protocole associé afin de mesurer le slew rate

4/ Composants réels**a/ Caractéristiques typiques**

- Retrouvez les valeurs des paramètres A_o , ω_o et du slew rate pour le TL81 et le LM74.
- Calculez le produit gain bande des aop précédents.
- Remplir le tableau.

Référence	LM741	TL081
A_o		
ω_o		
PGB - f_u		
Slew rate		

TP3 Manipulation**I/ AOP réel - Défaut statique**

- Câbler les trois montages définis dans la partie préparation.
- Réaliser les mesures attendues.

- Remonter aux défauts statiques avec vos mesures et comparez avec les valeurs théoriques de votre composant.

II/ AOP réel - Défaut dynamique**1/ Montage inverseur - AOP réel****a/ Préliminaires (réponse en quelques phrases)**

- Quel est le gain statique de votre montage.
- A quel niveau d'entrée votre ampli sature-t-il ?
- Pour mesurer l'amplification de l'ampli inverseur de grand gain (100) proposer un montage pour ne pas saturer la sortie avec un GBF qui délivre en tension crête minimum de 100mV.

b/ Mise en pratique**PGB**

- Câbler le montage Fig. 13 avec votre proposition de montage.
- Tracez le diagramme de Bode en gain uniquement sur 5 décades. Soyez pertinent sur le nombre de points.
- Concluez sur le domaine fréquentiel et le produit gain bande de votre ampli.

Slew rate

- Mettez en œuvre votre montage et mesurez le slew rate.

Fin TP3

ANNEXES

Résistances Normalisées

I/ Organisation des valeurs des résistances

Etant donné la diversité des applications, la précision des valeurs des résistances varie en fonction des dites applications. C'est la raison pour laquelle la fabrication des résistances est organisée en **série** à l'intérieur d'une **décade**.

1/ Série

Une décade est un ensemble de valeurs dont les valeurs de résistance sont comprises entre un multiple de 1 et un multiple de 10 de l'unité considérée.

Exemple

1 à 10 Ω ; 10 à 100 Ω ; 10 à 100 k Ω ...

2/ Décade

Une série représente le nombre de valeurs différentes que l'on dispose à l'intérieur d'une décade.

Exemples

E3

Pour la série E3 nous avons trois valeurs possibles dans une décade : 1,0 ; 2,2 ; 4,7.

Soit : 1,0 Ω ; 2,2 Ω ; 4,7 Ω - 10 Ω ; 22 Ω ; 47 Ω - 100 Ω - 220 Ω ...

E12

Pour la série E12 nous avons 12 valeurs possibles par décade : 1,0 1,2 1,5 1,8 2,2 2,7 3,3 3,9 4,7 5,6 6,8 8,2. Dans la série E12 et pour les résistances dont la valeur est comprise entre 10k et 100k (décade 10k à 100k), nous aurons :

10k 12k 15k 18k 22k 27k 33k 39k 47k 56k 68k 82k.

Remarque

La série E12 n'étant plus fabriquée, elle est extraite de la série E24.

3/ Progression des valeurs des résistances

La progression des valeurs dans une série est géométrique. La valeur de rang **m** de la série **En** est obtenue en posant :

$$\sqrt[n]{10^m}$$

Par exemple, 4^{ème} valeur de la série E12.

$$\sqrt[12]{10^4} = 2,1544$$

Arrondi à 2,2, c'est aussi le 8^{ème} élément de la série E24.

$$\sqrt[24]{10^8} = 2,1544$$

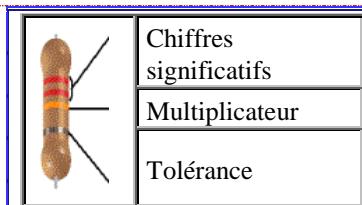
Cas spécifique où $n = m$

La dernière valeur d'une série sera toujours égale à 10. Nous avons $n = m$. Dans la pratique nous classerons cette dernière valeur comme valeur de début de chaque décade.

II/ Séries normalisées

E12	10		12		15		18		22		27		33		39		47		56		68		82	
E24	10	11	12	13	15	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	43	47	51	56	62	68	75	82	91

III/ Lecture des résistances



	Couleur	1 ^{er}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	Tolérance
Noire	0	0		10^0	-
Marron	1	1		10^1	1%
Rouge	2	2		10^2	2%
Orange	3	3		10^3	-
Jaune	4	4		10^4	-
Vert	5	5		10^5	0.5%
Bleu	6	6		10^6	0.25%
Violet	7	7		10^7	0.1%
Gris	8	8		-	0.05%
Blanc	9	9		-	-
Or	-	-		0.1	5%
Argent	-	-		0.01	10%