

TP3 - Montages avec amplificateur opérationnel

Objectifs du TP : L'amplificateur opérationnel est un composant électronique utilisé dans de très nombreuses applications. Au cours de ce TP, nous en réaliserons quelques-unes et nous observerons le fonctionnement de l'A.O. dans ses deux régimes : le régime linéaire et le régime saturé. Les applications abordées sont :

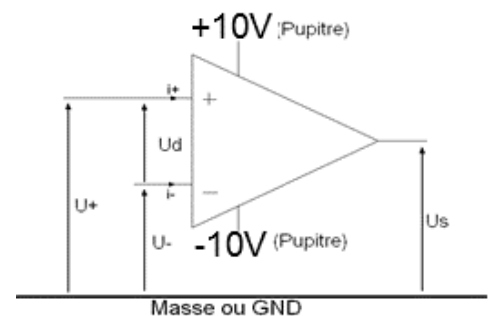
- Mesurer la tension aux bornes d'un condensateur à l'aide d'un montage suiveur
- Amplifier un signal grâce à un montage amplificateur.
- Concevoir un allumeur de réverbère avec un montage comparateur

Fonctionnement d'un A.O. (Amplificateur Opérationnel)

Un A.O. est un amplificateur de tension.

Pour fonctionner un AO doit être alimenté avec des tensions continues $U_{alim}^+ = +10\text{ V}$ et $U_{alim}^- = -10\text{ V}$, avant de lui appliquer des tensions d'entrée U_+ (non-inverseuse) ou U_- (inverseuse).

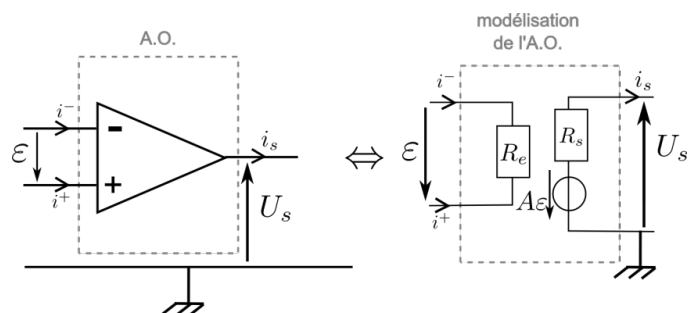
Les branchements des alimentations sont déjà réalisés sur les plaquettes en TP, il faut uniquement **mettre en marche les alimentations +10 V et -10 V** du pupitre.



- On utilisera le modèle de l'AO idéal : $i_+ = i_- = 0$
- Sauf pour le montage en comparateur simple (voir III), les montages à AO sont basés sur la notion de boucle de contre-réaction. Cette boucle consiste à relier par un composant la sortie sur une des deux entrées. Un retour sur l'entrée inverseuse est une boucle de réaction négative (voir par exemple le montage amplificateur inverseur au II. La résistance R_2 constitue une boucle de réaction négative).

La résistance d'entrée R_e d'un AO **idéal** est infinie (courants d'entrée nuls) et la résistance de sortie R_s est nulle.

Remarque : la résistance d'entrée R_e est une résistance interne qui n'est pas un composant, mais une valeur équivalente à toute l'électronique de l'appareil d'entrée.



On admettra le comportement suivant :

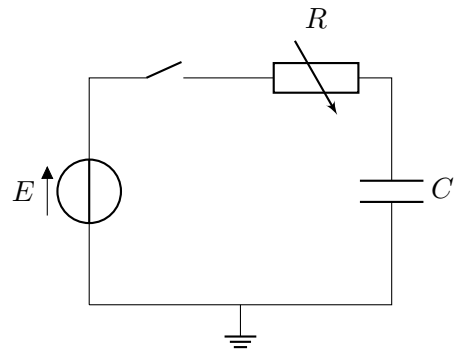
- lorsqu'il existe une boucle de réaction négative (la sortie est reliée à l'entrée inverseuse), alors l'AO fonctionne en **régime linéaire**, il impose $\epsilon = V_+ - V_- = 0$. La tension de sortie U_s est donnée par les autres composants du circuit (lois de Kirchhoff).
- Il existe deux limites à l'amplitude possible en sortie de l'AO, On observe une saturation positive $|U_{smax}| = U_{sat}^+$ aux environs de 10 V ($= U_{alim}^+$, tension d'alimentation), et une saturation négative U_{sat}^- aux environs de -10 V. L'AO fonctionne alors en régime saturé.

I. Mesure de la tension aux bornes d'un condensateur avec un montage suiveur

On souhaite mesurer la tension aux bornes d'un condensateur.

On dispose du matériel suivant :

- 1 alimentation 5 V
- 1 AO et ses alimentations, supposé idéal
- 1 résistance variable
- 1 condensateur de capacité 1 μF
- 1 multimètre



On charge le condensateur avec le montage ci dessus. Le temps caractéristique de charge ou de décharge d'un condensateur est $\tau = RC$. Au bout d'un temps $t_{1/2} = \tau \ln 2$, la tension a atteint la moitié de sa valeur finale. On pourra consulter le complément du chapitre 3 pour plus de précisions.

QP1 Vérifier que τ a bien la dimension d'un temps. On prend $R = 1 \text{ k}\Omega$. Calculer τ .

QP2 On se place en régime permanent. L'interrupteur étant fermé, on mesure la tension aux bornes du condensateur. Tracer le circuit équivalent et placer le voltmètre. Quelle est la tension mesurée par celui-ci ?

QP3 On souhaite mesurer la tension aux bornes du condensateur chargé si on ouvre l'interrupteur. On considère un voltmètre idéal de résistance infinie. Que mesure-t-on alors avec le voltmètre ?

QM1 Réaliser le montage précédent avec $R = 1 \text{ k}\Omega$. Mesurer la tension aux bornes du condensateur quand le circuit est fermé.

On utilise maintenant la centrale d'acquisition SYSAM-SP5 à la place du voltmètre. Régler sur Latis Pro le déclenchement sur l'entrée, avec un seuil descendant à 4,9 V et un pre-trigger de 25%. On prendra une durée d'acquisition de plusieurs secondes. Lancer l'acquisition et débrancher le générateur de 5 V.

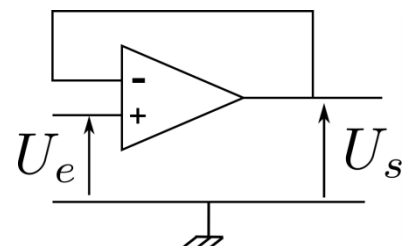
Commenter l'évolution de la tension aux bornes du condensateur. Proposer une explication et mesurer le temps caractéristique du phénomène. Conclure.

QM2 On veut s'affranchir de la résistance d'entrée de la centrale d'acquisition lors de la mesure de la tension du condensateur, circuit ouvert. Pour cela, on propose de placer le montage suiveur entre le condensateur chargé et l'entrée de la centrale d'acquisition.

Faire un schéma du montage.

Mesurer la tension en sortie de l'AO avec la centrale d'acquisition (on enlèvera le déclenchement sur latis pro). Commenter.

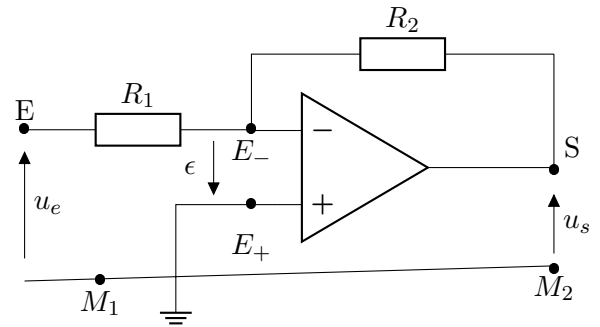
Quelle propriété de l'AO met-on en évidence avec ce montage ? Conclure sur l'utilité du montage suiveur.



II. Montage amplificateur

On dispose du matériel suivant :

- 1 GBF et 1 oscilloscope
- 1 AO et ses alimentations, supposé idéal
- 1 résistance 2,2 k Ω
- 1 résistance 1 k Ω
- 1 résistance 10 k Ω



On se propose d'étudier un montage dit amplificateur inverseur dont le schéma du circuit électrique est présenté ci-dessus (les alimentations -10 V et +10 V ne sont pas représentées).

QP4 L'AO étant supposé idéal, quelles sont les valeurs des courants d'entrée i_+ et i_- ?

Ecrire les équations des mailles (M1,E,E-,E+,M1) et (M1,M2,S,E-,E+,M1).

Déterminer alors le rapport $\frac{u_s}{u_e}$ en fonction de R_1 , R_2 . A quelle condition sur R_1 et R_2 a-t-on un amplificateur inverseur ?

QP5 Concevoir un montage amplificateur inverseur avec le matériel ci-dessus.

QP6 On considère un signal u_e de forme sinusoïdale et d'amplitude de 2 V. Tracer l'allure des signaux.

Pour quelle valeur de u_s l'AO entre-t-il en régime saturé ? Quelle est la valeur de u_e correspondante ? Représenter les signaux si l'amplitude de u_e dépasse cette limite.

QM3 Réaliser le montage ci-dessus en choisissant les résistances R_1 et R_2 de façon à obtenir un amplificateur inverseur. Régler le générateur pour avoir u_e de forme sinusoïdale avec une fréquence entre 100 Hz et 200 Hz.

Régler l'amplitude du signal d'entrée afin de visualiser le régime de fonctionnement linéaire de l'AO. Mesurer l'amplification. Commenter.

Modifier les réglages pour visualiser le régime de fonctionnement saturé de l'AO.

Mesurer les tensions de saturation U_{sat}^+ et U_{sat}^- en régime saturé. A-t-on $|U_{sat}^+| = |U_{sat}^-|$?

On travaillera à l'oscilloscope dans un premier temps, puis on visualisera les tensions grâce à la centrale d'acquisition Sysam-SP5 et Latis Pro. Imprimer les courbes.

III. Allumeur de réverbère

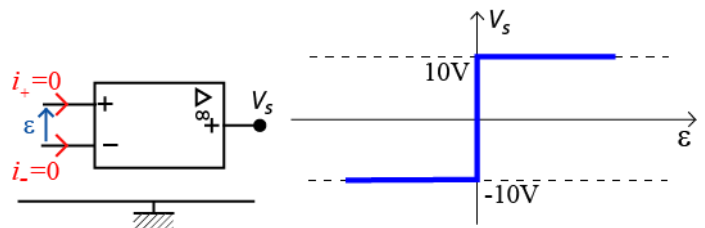
Certains réverbères sont munis de photodétecteurs qui les allument automatiquement au crépuscule ou lorsqu'il fait sombre et qui les éteignent à l'aube ou lorsqu'il fait clair. On dispose du matériel suivant :

- 1 alimentation 10 V
- 1 DEL
- 1 multimètre
- 1 AO (et ses alimentations)
- 1 capteur de lumière (photorésistance) : environ $15\text{ k}\Omega$ dans le noir et environ $1\text{--}1,5\text{ k}\Omega$ éclairée
- 1 résistance de $1\text{ k}\Omega$, 2 résistances de $10\text{ k}\Omega$, 1 résistance de $3,3\text{ k}\Omega$

Nous allons chercher à réaliser un de ces réverbères grâce aux différents blocs présentés ci-dessous.

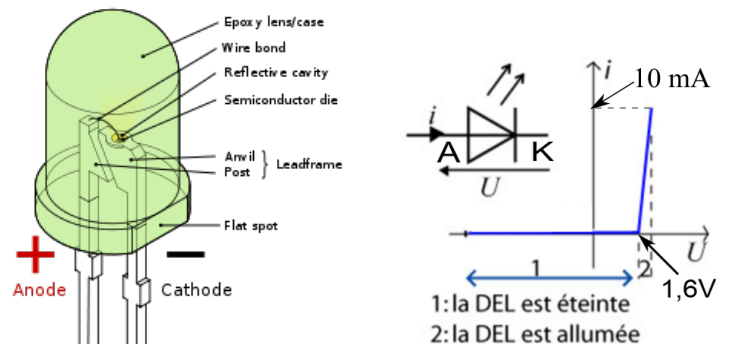
Bloc Montage comparateur

QP7 Expliquer brièvement le principe du comparateur. Donner les valeurs possibles de V_s .



Bloc Allumage de la DEL

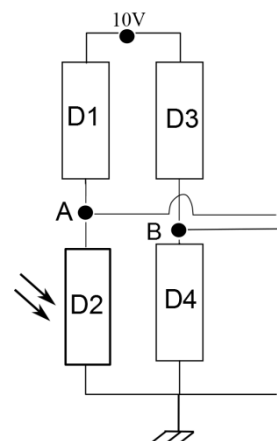
QP8 Proposer un montage en aval du comparateur permettant d'allumer la DEL **sans l'endommager**. A quelle condition sur V_s la DEL s'allume-t-elle ?



Bloc Capteur de lumière et commande du comparateur

On dispose uniquement d'un générateur de tension 10 V. Nous allons utiliser un pont diviseur de tension afin de commander le comparateur. Le dipôle D2 est la photorésistance, les dipôles D1, D3 et D4 sont des résistances dont les valeurs sont à déterminer.

QP9 Quelles sont les conditions sur les potentiels de commande V_A et V_B à appliquer au comparateur pour faire fonctionner l'allumeur de réverbère ? Choisir alors les valeurs des résistances pour les dipôles D1, D3 et D4. Déterminer les expressions et calculer les valeurs numériques de V_A et V_B .



QM4 Réaliser l'allumeur de réverbère en associant les trois blocs précédant et vérifier son fonctionnement en mesurant le potentiel en chaque point du circuit. Conclure.