

Travaux Pratiques

olivier.gallot-lavallee@grenoble.cnrs.fr
<http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/tice-espaces/MPH/EP-gallotLava/>

Electronique 1

(SP2 11-12)

Sommaire

Sommaire	2
TP 1. : Diodes à semi-conducteurs et montages usuels (4h)	3
Problème 1.1. : Etude du redressement (0h45)	3
Problème 1.2. : Etude du lissage (2h00).....	4
Problème 1.3. : Amélioration du montage (0h45).....	5
TP 2. : Transistors à jonction (bipolaire) et montages usuels (4h).....	7
Problème 2.1. : Tracé des caractéristiques de $I_c=f(V_{ce})$ et $I_c=f(I_b)$ à $V_{ce}=0,7[V]$ (1h30).....	7
Problème 2.2. : Montage commutateur (0h30)	8
Problème 2.3. : Montage amplificateur (1h30)	8
TP 3. : Transistors à Effet de Champ dopé N (TEC) et montages usuels (4h)	11
Problème 3.1. : Tracé de la caractéristique $R_{ds}=f(V_{gs})$ et application (1h30)	11
Problème 3.2. : Tracé des caractéristiques de $I_d=f(V_{ds})$ et $I_d=f(V_{gs})$ à $V_{ds}=10[V]$ (2h00)	12
TP 4. : Ampli-Op et montages élémentaires (4h).....	15
Problème 4.1. : Etude en boucle ouverte (0h45)	15
Problème 4.2. : Etude d'un montage non inverseur (0h45)	15
Problème 4.3. : Etude d'un suiveur de tension à alimentation asymétrique (2h00)	16
TP 5. : Filtrage Passif et Actif du 1 ^{er} ordre (révision) (4h)	19
Problème 5.1. : Filtre passif du premier ordre (1h45).....	19
Problème 5.2. : Filtre actif du premier ordre (1h45)	19



Informations préalables...

Comment faire un bon travail pratique ?

- (1) Lire intégralement l'énoncé ;
- (2) Préparer les questions éventuelles à poser à l'enseignant ;
- (3) Mener les expériences conjointement (l'un fait, l'autre vérifie et inversement) ;
- (4) Manier le matériel avec précaution ;
- (5) Discuter des expériences réalisées (à voie basse) ;
- (6) Soigner les montages (longueur de fil adaptée et paillasse libérées) ;
- (7) Terminer les expériences 30 min avant la fin ;
- (8) Remettre les matériels à leurs positions d'origine ;
- (9) Finaliser le compte rendu les 30 min restantes...

Comment faire un bon compte rendu d'expérience ?

- (1) Soigner l'écriture ;
- (2) Numérotter les réponses ;
- (3) Décrire schématiquement les expériences ;
- (4) « Légender » les schémas ;
- (5) Préciser les réglages ;
- (6) Titrer, « échelonner » et « dimensionner » les graphiques ;
- (7) Rendre compte de tous les expériences ;
- (8) Décrire et analyser les résultats (avec rigueur et pertinence) ;
- (9) Soigner la forme comme le fond (50/50%).

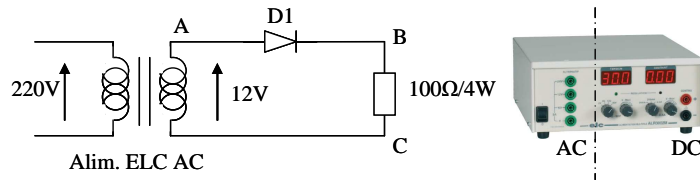
TP 1. : Diodes à semi-conducteurs et montages usuels (4h)

Objectif: Etudier et réaliser une source de tension sensiblement continue à partir d'une source de tension alternative.

Matériel: 4 Diodes de redressement 1N4007; Source de tension AC ELC 6[V]/12[V]/24[V]; R=100[Ω]/4[W]; Condensateur polarisé 1000[μF]/300[μF]; Oscilloscope, 2 Voltmètres ; Platine de câblage.

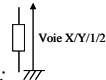
Problème 1.1. : Etude du redressement (0h45)

1. Quel signe distinctif permet de repérer la cathode sur le composant (diode) ?
2. Tester les diodes mises à disposition en utilisant la fonction test diode du multimètre puis la fonction test composant de l'oscilloscope (cf. Annexe).
3. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser (deux à deux) les oscillogrammes de $V_{ac}(t)$ et $V_{bc}(t)$ puis de $V_{bc}(t)$ et $V_{ab}(t)$, et de mesurer la tension V_{bc} à l'aide d'un voltmètre. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



Nb: Ne pas oublier que les deux voies de mesures se partagent la même masse.

Nb : Les réglages à préciser systématiquement sont : la source de déclenchement ; le couplage ; le calibre ; la voie, l'opération, le mode de visualisation, et la base de temps.



Nb : Pour toutes mesures à l'oscilloscope, utiliser le symbole suivant :

4. Visualiser et tracer les oscillogrammes sur une seule figure.
5. Justifier ces résultats en représentant sous la même figure le chronogramme de la diode D1 et le schéma éq. du montage correspondant à chaque intervalle de temps (cf CM/TD).

Nb: Il s'agit d'un montage redresseur simple alternance.

6. Mesurer la tension moyenne $\langle V_{bc}(t) \rangle$ à l'oscilloscope puis au voltmètre. Préciser le mode opératoire. Représenter la tension moyenne $\langle V_{bc}(t) \rangle$ sur l'oscillogramme.

Nb: La mesure d'une valeur moyenne à l'oscilloscope peut être réalisée en jouant sur le couplage AC/DC. En effet, on rappelle que le couplage AC consiste à insérer dans la chaîne de mesure une capacité en série, ce qui annule toute composante basse fréquence (eg. DC).

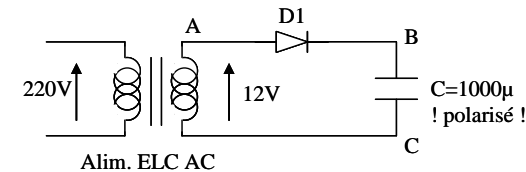
7. Comparer les valeurs moyennes mesurées à la valeur théorique $\langle V_{bc}(t) \rangle = V_{bc}(t)_{\max} / \pi$.

Problème 1.2. : Etude du lissage (2h00)

1. Identifier le modèle équivalent série du condensateur à l'aide du pont d'impédance en position 2V BIAS 50Hz.

Nb: Décharger auparavant le condensateur avant de le relier au pont d'impédance (par court circuit ou via une résistance).

2. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser (deux à deux) les oscillogrammes de $V_{ac}(t)$ et $V_{bc}(t)$ puis de $V_{bc}(t)$ et $V_{ab}(t)$. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**

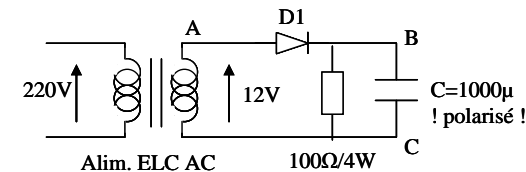


*Nb: **Attention** au sens de branchement du condensateur polaire. Un condensateur polaire mal polarisé est explosif (danger pour les yeux)!*

3. Visualiser et tracer les oscillogrammes sur une seule figure.
4. Noter la tension inverse crête à laquelle la diode est contrainte et vérifier que cela est compatible avec les données constructeur.

La tension aux bornes de la capacité est maintenant continue (premier objectif atteint). Mais que va-t-il se passer lorsque nous allons faire débiter cette tension dans une charge...

5. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser (deux à deux) les oscillogrammes de $V_{ac}(t)$ et $V_{bc}(t)$ puis de $V_{bc}(t)$ et $V_{ab}(t)$, et de mesurer la tension V_{bc} à l'aide d'un voltmètre. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



6. Visualiser et tracer les oscillogrammes sur une seule figure.

Nb : On observe une tension de ronflement superposée à une composante continue.

7. Justifier ces résultats en représentant sous la même figure le chronogramme de la diode D1 et le schéma éq. du montage correspondant à chaque intervalle de temps (cf CM/TD).
8. Mesurer le temps de décharge t_d du condensateur et reporter ce temps sur l'oscillogramme.

9. Mesurer la tension moyenne $\langle V_{bc}(t) \rangle$. Représenter la tension moyenne $\langle V_{bc}(t) \rangle$ sur l'oscillogramme.

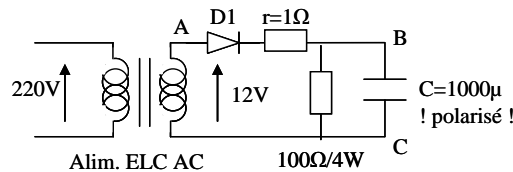
10. Déduire le courant moyen $\langle I_r(t) \rangle$ dans la résistance.

11. Mesurer la tension de ronflement $\Delta V_{bc} = (V_{bc \text{ max}} - V_{bc \text{ min}})$ et comparer cette mesure à la valeur théorique approchée $\Delta V_{bc} \approx \langle I_r(t) \rangle \cdot (t_{\text{emps de décharge}}) / C$.

Nb : Nous voyons donc que le ronflement est d'autant plus faible que la capacité est plus grande et que le courant $\langle I_r(t) \rangle$ est plus petit. On pourrait le vérifier en changeant la valeur de la capacité $C = 300 \mu\text{F}$. (à faire uniquement si le temps le permet)...

Nb : Nous venons également de mettre en évidence que les diodes ne sont conductrices que pendant une courte durée $t_c = T - t_d$. Il s'en suit que, pendant ce temps, le courant instantané qui les traverse peut être notablement plus grand que le courant moyen...

12. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser (deux à deux) les oscillogrammes de $r_{D1}(t)$ et $V_{bc}(t)$. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



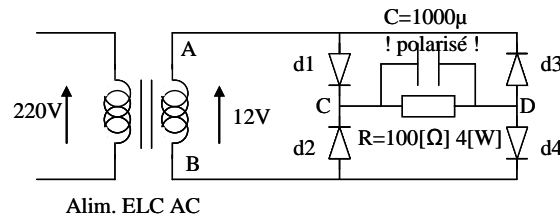
13. Visualiser et tracer les oscillogrammes sur la figure précédente.

14. Mesurer à l'oscilloscope le courant moyen traversant la diode et comparer ce relevé au courant moyen absorbé par la résistance R déduit de la Q10.

15. Vérifier que la valeur crête et moyenne de ce courant est compatible avec les données constructeur.

Problème 1.3. : Amélioration du montage (0h45)

1. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser (deux à deux) les oscillogrammes de $V_{cd}(t)$ et $V_{ad}(t)$ puis de $V_{ab}(t)$ et $V_{db}(t)$. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



2. Visualiser et tracer les oscillogrammes sur une seule figure.

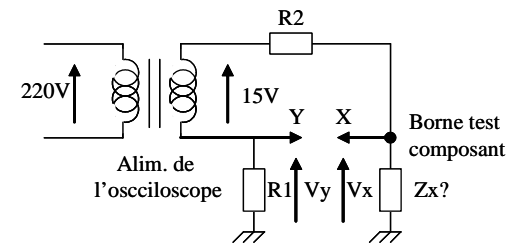
3. Justifier ces résultats en représentant sous la même figure les chronogrammes des diodes D1/D2 et D3/D2, et le schéma éq. du montage correspondant à chaque intervalle de temps (cf CM/TD).

Annexe: Caractéristique des diodes de redressement 1N4001 à 4007.

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS									
Rating at 25°C ambient temperature unless otherwise specified. Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load. For capacitive load, derate current by 20%									
Type Number		1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	UNITS
Maximum Repetitive Peak Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS Voltage	V_{RMS}	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC Blocking Voltage	V_{DC}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum Average Forward Rectified Current .375"(9.5mm) Lead Length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$	$I_{F(AV)}$	1.0							A
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms Single Half Sine-wave Superimposed on Rated Load (JEDEC method)	I_{FSM}	30							A
Maximum Instantaneous Forward Voltage @ 1.0A	V_F	1.0							V
Maximum DC Reverse Current @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A = 125^\circ\text{C}$	I_R	5.0 50							μA μA
Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle Average .375"(9.5mm) Lead Length @ $T_L = 75^\circ\text{C}$	I_R	30							μA
Typical Junction Capacitance (Note 1)	C_J	15							pF
Typical Thermal Resistance (Note 2)	$R_{\theta JA}$	50							$^\circ\text{C/W}$
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-55 to +125							$^\circ\text{C}$

NOTES: 1. Measured at 1 MHz and Applied Reverse Voltage of 4.0 Volts D.C.
2. Thermal Resistance from Junction to Ambient .375"(9.5mm) Lead Length.

Annexe: Fonction test composant de l'oscilloscope « Test Com. ».



Une source de tension interne à l'oscilloscope délivre une tension sinusoïdale V de 50[Hz], d'environ 15[V] crête et limitée à 10[mA]. La tension aux bornes du composant testé Z_x est appliquée sur la voie X de l'oscilloscope, et la tension aux bornes de R_1 , soit $V_{R1} = -R_1 \cdot I$ est une image du courant I dans Z_x . La tension V_{R1} est appliquée après inversion sur la voie Y.

Annexe: Fonction test composant du multimètre « ohmmètre + $\rightarrow \nabla \leftarrow \nabla \rightarrow$ »

Certains multimètres permettent de tester les diodes. Pour ce faire il suffit de ce placer en mode ohmmètre + $\rightarrow \nabla \leftarrow \nabla \rightarrow$. Dans le sens direct, la diode laisse passer le courant délivré par l'ohmmètre. Le multimètre affiche alors la tension de coude ou de seuil V_d . Dans le sens inverse, la fonction test diode affiche l'infini ou la tension Zener.

TP 2. : Transistors à jonction (bipolaire) et montages usuels (4h)

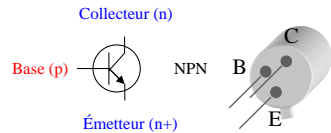
Objectif: Etudier et mettre en œuvre un transistor bipolaire en commutation (modes saturé et normal) et amplification (mode normal).

Matériel: Transistor bipolaire NPN 1N1711; Source de tension DC ELC 0-30[V]/250[mA]; GBF; $R_b=200[k\Omega]$ +1[M Ω] variable; $R_c=2[k\Omega]$; $R_e=100[\Omega]$; R_{ch} décade 0-10[M Ω]; $C=1[\mu F]$; Oscilloscope, Voltmètre, Ampèremètre.

Problème 2.1. : Tracé des caractéristiques de $I_c=f(V_{ce})$ et $I_c=f(I_b)$ à $V_{ce}=0,7[V]$ (1h30)

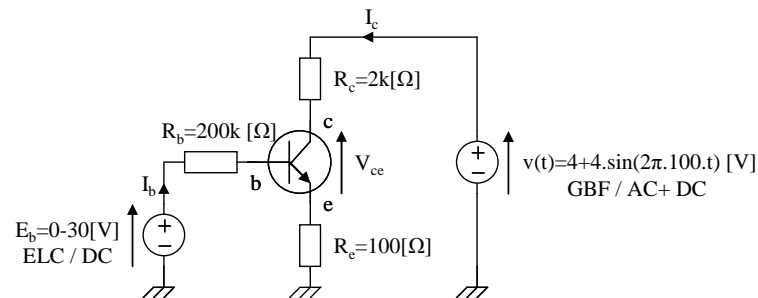
1. Tester le transistor mis à disposition en utilisant la fonction test diode du multimètre puis la fonction test composant de l'oscilloscope. Relever et justifier ces résultats.

Nb: Connecter de façon définitive le transistor au centre de la platine de câblage. Pour les T05-T039, le collecteur est relié au boîtier et l'émetteur est situé près de l'ergot.



2. On souhaite créer à l'aide du GBF une tension $v(t)=6+6.\sin(2.\pi.100.t)$. Représenter ce signal en précisant la fréquence, la valeur moyenne, l'amplitude de la composante alternative et les valeurs crête de $v(t)$. Réaliser ces réglages. **Faire vérifier la représentation et les réglages.**

3. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $R_c.I_c(t)$ sur la voie Y et $V_{ce}(t)$ sur la voie X; et de contrôler au μ -ampèremètre le courant I_b . **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



Nb: Attention ! Les deux voies de mesures et le GBF se partagent la même masse.

4. Visualiser à l'aide du mode Y=f(X) et tracer les caractéristiques $I_c=f(V_{ce})$ versus I_b .

Nb: Relever sur papier millimétré, le réseau des caractéristiques de sortie $I_c=f(V_{ce}, I_b=cst)$ pour quelques valeurs de I_b . On partage la feuille millimétré en deux parties égales: sur la moitié droite, on trace $I_c=f(V_{ce})$ et la partie gauche est réservée pour la caractéristique $I_c=f(I_b)$.

5. Commuter le GBF en mode triangulaire puis rectangulaire et expliquer pourquoi l'une des deux configurations ne permet pas de visualiser correctement la caractéristique du transistor.

6. Dédire graphiquement la caractéristique de transfert $I_c=f(I_b)$ sur l'autre moitié de la feuille pour une valeur de V_{ce} donnée telle que le transistor soit en mode normal (ie. $V_{ce} \geq 0.7[V]$).

7. Déterminer le gain en courant statique $\beta=I_c/I_b$ et le gain en courant dynamique $H_{21}=i_c/i_b$ pour un courant de polarisation I_c de l'ordre de 3[mA].

8. Exprimer la droite de charge $I_c=f(V_{ce}, E, R_c, R_e)$ en considérant $v(t)=E-c.t=12[V]$.

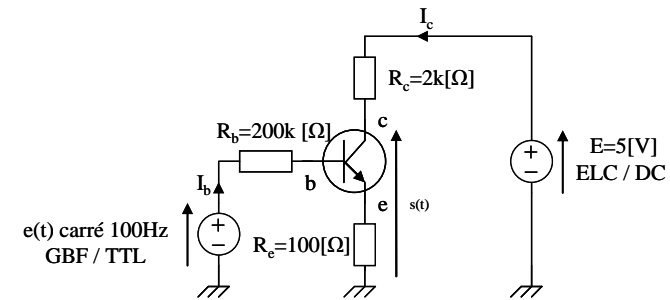
Nb: La droite de charge statique $I_c=f(V_{ce})$ est obtenue par application de la loi des mailles. Elle passe par le point E sur l'axe des x, et le point $E/(R_c+R_e)$ sur l'axe des y. Pour une tension d'alimentation E, une charge R_c et une résistance d'émetteur R_e données, cette droite de charge indique le point de fonctionnement du transistor.

9. Représenter la droite de charge sur le quadrant $I_c=f(V_{ce})$.

10. Préciser sur le tracé, les coordonnées du point de saturation et du point de blocage.

Problème 2.2. : Montage commutateur (0h30)

1. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



2. Visualiser et tracer les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$ sur la même figure.

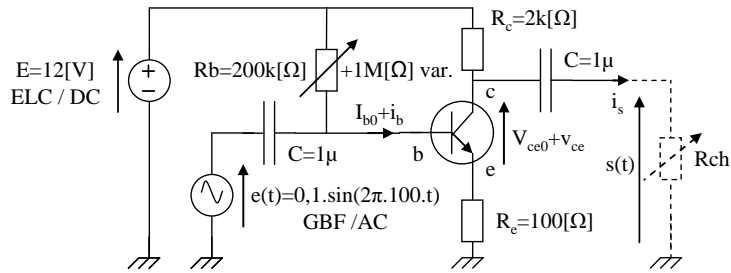
3. Vérifier que le circuit ci-dessus se comporte bien comme une porte Inverseuse.

Nb: En logique TTL (Transistor Transistor Logique), on associe un niveau logique 1 pour une tension proche de 5[V] et un niveau logique 0 pour une tension voisine de 0[V].

Problème 2.3. : Montage amplificateur (1h30)

1. Dédire de la caractéristique statique du transistor la valeur du courant de polarisation I_{c0} qui permet une amplification sur la plus large gamme (classe A).

2. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$, de mesurer le courant et la tension d'entrée i_c et v_e , ainsi que la tension de sortie v_s . R_{ch} non connectée. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



3. Visualiser et tracer les oscillogrammes de e(t) et s(t) (en classe A).

Nb: Une façon pragmatique de régler I_{c0} pour un fonctionnement en classe A, consiste à augmenter e(t) jusqu'à saturation de s(t), puis à centrer ce signal à l'aide de Rb jusqu'à ce qu'il paraisse parfaitement symétrique. Une fois le réglage terminé, il reste à rétablir la valeur d'entrée e(t) nominale du GBF (ie. telle que s(t) est hors saturation).

4. Vérifier que ce circuit se comporte comme un amplificateur en tension inverseur en calculant le gain $gm=s(t)/e(t)$.

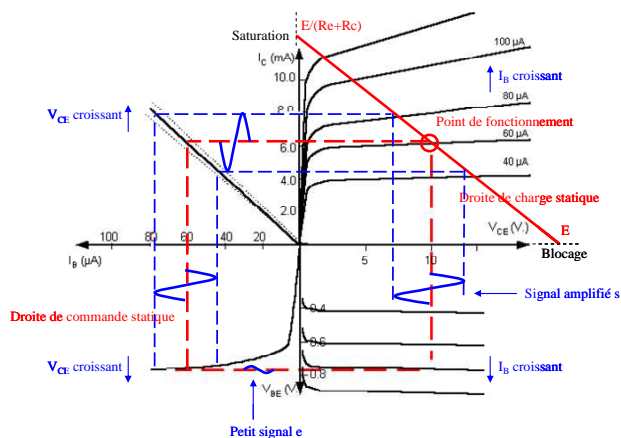
On connecte à présent la résistance de charge Rch (boite à décade)...

5. Calculer l'impédance d'entrée Ze à partir des mesures de Ve eff et Ie eff.

6. Identifier l'impédance de sortie Zs à partir de Rch et de la mesure de Vs eff.

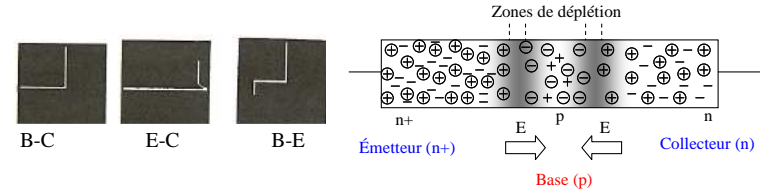
Nb: L'une des solutions consiste à mesurer Vs eff à vide (Rch est non connectée), puis à faire varier Rch jusqu'à que $Vs\text{ eff} = (Vs\text{ eff vide})/2$. Faire le schéma équivalent et constater qu'en telle circonstance $Rch = Zs$ (pont diviseur de tension).

Annexe: Caractéristique statique d'un transistor NPN et représentation du principe d'amplification en classe A.



Annexe: Test d'un transistor NPN.

Annexe: Physique d'un transistor NPN.



Annexe: Caractéristique des transistors NPN 2N1711.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{CB0}	Collector-Base Voltage ($I_c = 0$)	75	V
V_{CE0}	Collector-Emitter Voltage ($R_{th} \leq 10\Omega$)	50	V
V_{EB0}	Emitter-Base Voltage ($I_c = 0$)	7	V
I_c	Collector Current	500	mA
P_{tot}	Total Dissipation at $T_{amb} \leq 25^\circ\text{C}$	0.8	W
	at $T_c \leq 25^\circ\text{C}$	3	W
	at $T_c \leq 100^\circ\text{C}$	1.7	W
T_{stg}	Storage Temperature	-65 to 175	$^\circ\text{C}$
T_j	Max. Operating Junction Temperature	175	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CBO}	Collector Cut-off Current ($I_E = 0$)	$V_{CB} = 60\text{ V}$ $V_{EB} = 60\text{ V}$ $T_c = 150^\circ\text{C}$			10 10	nA μA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 5\text{ V}$			5	nA
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage ($I_E = 0$)	$I_C = 100\ \mu\text{A}$	75			V
$V_{(BR)CE0}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage ($R_{th} \leq 10\Omega$)	$I_C = 10\text{ mA}$	50			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_C = 0$)	$I_E = 100\ \mu\text{A}$	7			V
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 150\text{ mA}$ $I_E = 15\text{ mA}$	0.5	1.5		V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 150\text{ mA}$ $I_E = 15\text{ mA}$	0.95	1.3		V
β_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 10\ \mu\text{A}$ $I_C = 0.1\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $I_C = 150\text{ mA}$ $I_C = 500\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ mA}$ $T_c = -55^\circ\text{C}$	$V_{CE} = 10\text{ V}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$	20 35 75 100 40 35	60 80 130 130 75 65	
β_{fe}	Small Signal Current Gain	$I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ KHz}$	70	135	300	
f_T	Transition Frequency	$I_C = 50\text{ mA}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $f = 20\text{ MHz}$	70	100		MHz
C_{EBO}	Emitter-Base Capacitance	$I_C = 0$ $V_{EB} = 0.5\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$	50	80		pF
C_{CBO}	Collector-Base Capacitance	$I_E = 0$ $V_{CB} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$	18	25		pF
NF	Noise Figure	$I_C = 0.3\text{ mA}$ $R_g = 510\ \Omega$ $V_{CE} = 10\text{ V}$ $f = 1\text{ KHz}$	3.5	8		dB
h_{ie}	Input Impedance	$I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 5\text{ V}$ $f = 1\text{ KHz}$	4.4			kΩ
h_{re}	Reverse Voltage Ratio	$I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 5\text{ V}$ $f = 1\text{ KHz}$	7.3×10^{-4}			
h_{oe}	Output Admittance	$I_C = 1\text{ mA}$ $V_{CE} = 5\text{ V}$ $f = 1\text{ KHz}$	23.8			μS

* Pulse: Pulse duration = 350 μs, duty cycle ≤ 1%

TP 3. : Transistors à Effet de Champ dopé N (TEC) et montages usuels (4h)

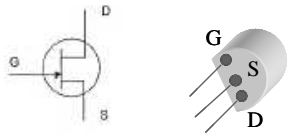
Objectif: Etudier et mettre en œuvre un transistor à effet de champ en mode commutation (régime linéaire ou ohmique) et amplification (régime saturé).

Matériel: Transistor JFET 2N5486 ou éq.; Source de tension DC ELC 0-5[V]/250[mA]; GBF 50[Ω]; $R_{\text{radio}}=1[\Omega]$, $R=100[\Omega]$; $R_{\text{décade}}=0-20[\text{k}\Omega]$; Commutateur; Oscilloscope, Sonde différentielle; Voltmètre.

Problème 3.1. : Tracé de la caractéristique $R_{\text{ds}}=f(V_{\text{gs}})$ et application (1h30)

1. Tester le transistor mis à disposition en utilisant la fonction test composant de l'oscilloscope. Relever et justifier ces résultats.

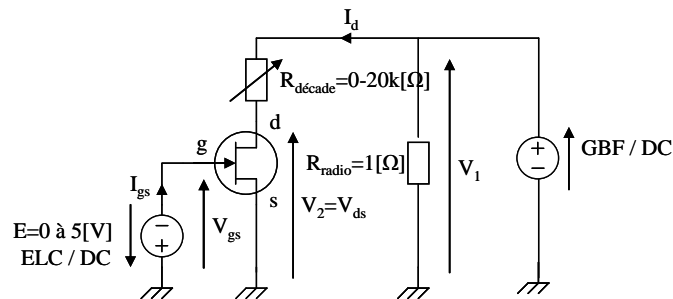
Nb: Connecter de façon définitive le transistor au centre de la platine de câblage.



2. Montrer que l'association GBF (50Ω) // R_{radio} (1Ω) est équivalente à un générateur quasi-parfait.

3. Régler l'association GBF// R_{radio} à $V_1=100[\text{mV}]$. **Faire vérifier le montage et les réglages.**

4. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de mesurer avec un 1^{er} voltmètre V_{gs} et un 2^{ème} voltmètre (associé à un commutateur) V_1 et V_2 . **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



5. Relever dans un tableau puis tracer sur une feuille semi-log à trois modules la caractéristique $R_{\text{ds}}=f(V_{\text{gs}})$ en faisant varier V_{gs} de 0 à -5V.

Nb: Faire le schéma équivalent et constater que $R_{\text{ds}}=R_{\text{décade}}$ lorsque $V_2=V_1/2$ (pont diviseur de tension).

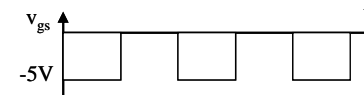
6. Déduire sur le graphique les valeurs de $R_{\text{ds on}}$ (ie. à $V_{\text{gs}}=0$) et $V_{\text{gs off}}$ (ie. à $R_{\text{ds}}=\infty$).

7. Dessiner le schéma équivalent du transistor à $V_{\text{gs off}}$ et $V_{\text{gs}}=0[\text{V}]$.

8. Tracer la caractéristique $V_2/V_1=f(V_{\text{gs}})$ en faisant varier V_{gs} de 0 à -5V et en maintenant $R_{\text{décade}}=20[\text{k}\Omega]$.

Nb: Veiller à ce que V_1 reste fixée à 100[mV].

9. Déduire quelle serait l'allure de $v_2(t)$, si v_{gs} était une tension carrée 0/-5[V] et $V_1=10[\text{mV}]$.

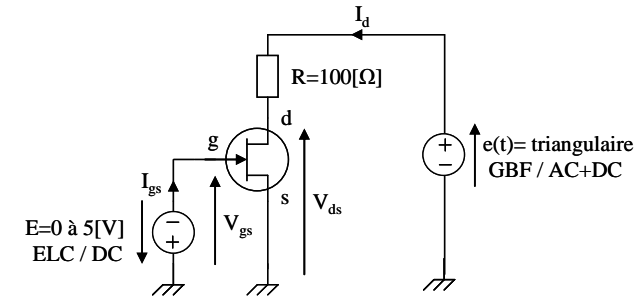


Nb: On parle de fonctionnement en commutation.

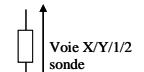
Problème 3.2. : Tracé des caractéristiques de $I_{\text{d}}=f(V_{\text{ds}})$ et $I_{\text{d}}=f(V_{\text{gs}})$ à $v_{\text{ds}}=10[\text{V}]$ (2h00)

1. Réglé le GBF pour produire une tension triangulaire de valeur moyenne 6[V], de crête à crête 0/12[V] et de fréquence 100[Hz]. **Faire vérifier les réglages.**

2. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $R_{\text{id}}(t)$ sur la voie Y et $V_{\text{ds}}(t)$ sur la voie X, et de mesurer la tension V_{gs} . **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



Nb: Ne pas oublier que l'oscillo et le GBF se partagent la même masse (via la prise de terre de l'alimentation). Il est donc nécessaire d'utiliser des sondes différentielles...ces sondes se placent sur le montage comme deux voltmètres indépendants et se relient à l'oscilloscope.



Nb : Pour les mesures à l'oscillo. via une sonde, utiliser le symbole :

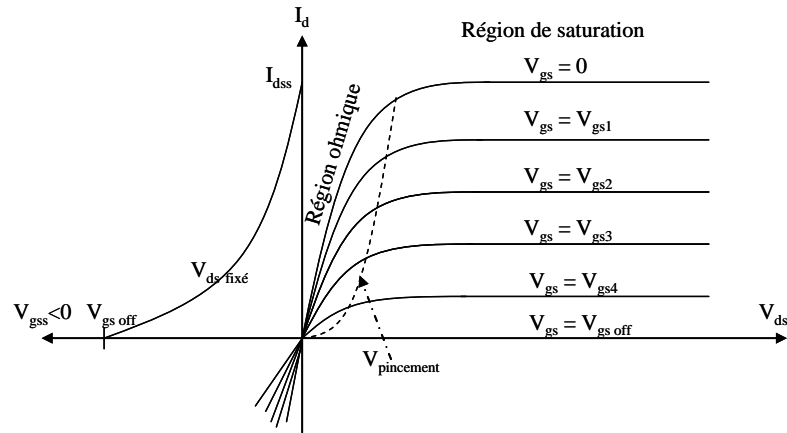
3. Visualiser et tracer $I_{\text{d}}=f(V_{\text{ds}})$ pour plusieurs valeurs de $V_{\text{gs}}=0$ à $V_{\text{gs off}}$ en utilisant le mode Y=f(X) de l'oscilloscope.

Nb: On partage la feuille millimétré en deux parties égales: sur la moitié droite, on trace $I_{\text{d}}=f(V_{\text{ds}})$ et la partie gauche est réservée pour la caractéristique $I_{\text{d}}=f(V_{\text{gs}})$ à $v_{\text{ds}}=10[\text{V}]$.

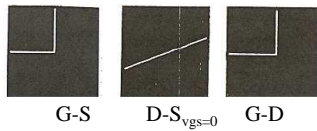
4. Déduire graphiquement la caractéristique $I_d=f(V_{gs})$ sur l'autre moitié de la feuille pour une valeur de $V_{ds}=10[V]$.

5. Déduire les valeurs de I_{dss} , $V_{gs\ off}$ et $R_{ds\ on}$.

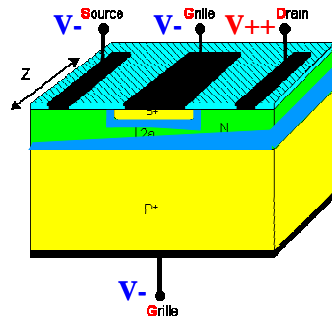
Annexe: Caractéristique statique d'un JFET N.



Annexe: Test d'un JFET N.



Annexe: Physique d'un JFET N.



Annexe: Caractéristique d'un JFET N ($R_{ds\ on} \text{ typ.} = 80[\Omega]$)

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Gate-Source Breakdown Voltage ($I_G = -1.0 \mu\text{Adc}$, $V_{DS} = 0$)	$V_{BR(VGS)}$	-25	-	-	Vdc
Gate Reverse Current ($V_{GS} = -20 \text{Vdc}$, $V_{DS} = 0$) ($V_{GS} = -20 \text{Vdc}$, $V_{DS} = 0$, $T_A = 100^\circ\text{C}$)	I_{GSS}	-	-	-1.0 -0.2	nAdc μAdc
Gate Source Cutoff Voltage ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $I_D = 10 \text{nAdc}$)	$V_{GS(off)}$	-2.0	-	-6.0	Vdc
ON CHARACTERISTICS					
Zero-Gate Voltage Drain Current ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$)	I_{DSS}	8.0	-	20	mAdc
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS					
Forward Transfer Admittance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 1.0 \text{kHz}$)	$ y_{fs} $	4000	-	8000	μmhos
Input Admittance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 400 \text{MHz}$)	$\text{Re}(y_{is})$	-	-	1000	μmhos
Output Admittance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 1.0 \text{kHz}$)	$ y_{os} $	-	-	75	μmhos
Output Conductance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 400 \text{MHz}$)	$\text{Re}(y_{os})$	-	-	100	μmhos
Forward Transconductance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 400 \text{MHz}$)	$\text{Re}(y_{fs})$	3500	-	-	μmhos
Input Capacitance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 1.0 \text{MHz}$)	C_{iss}	-	-	5.0	pF
Reverse Transfer Capacitance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 1.0 \text{MHz}$)	C_{rss}	-	-	1.0	pF
Output Capacitance ($V_{DS} = 15 \text{Vdc}$, $V_{GS} = 0$, $f = 1.0 \text{MHz}$)	C_{oss}	-	-	2.0	pF

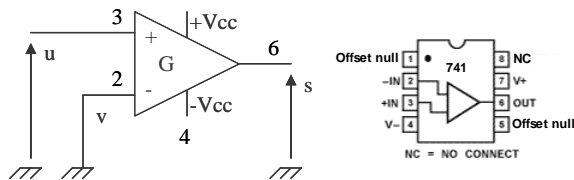
TP 4. : Ampli-Op et montages élémentaires (4h)

Objectif: Etudier les caractéristiques d'un Ampli-Op et ses applications élémentaires.

Matériel: Ampli-Op LM741; Source de tension symétrique DC +15/-15[V]; GBF 50[Ω]; $R_1=1[k\Omega]$; $R_2=10[k\Omega]$; $R_3=1 [k\Omega]$; $R_{variable}=0-10[k\Omega]$; $C=3.3[nF]$; $R=2[M\Omega]$, Oscilloscope; Voltmètre; Ampèremètre; Commutateur.

Problème 4.1. : Etude en boucle ouverte (0h45)

1. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de fabriquer une tension $u(t)$ variant de $+V_{cc}$ à $-V_{cc}$ à l'aide d'une $R_{variable}$ (petit potentiomètre bleu) et de visualiser les oscillogrammes de $u(t)$ sur la voie X et $s(t)$ sur la voie Y. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



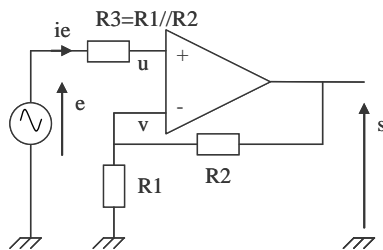
2. Visualiser l'évolution de $s(t)$ en fonction de $u(t)$ et relever les valeurs de saturation positives et négatives de $s(t)$.

3. Remplacer à présent la source de tension à variation manuellement par une source de tension triangulaire (GBF) d'amplitude 10[V] et de fréquence 100[Hz].

4. Visualiser et tracer $s(t)=f(u(t))$ en utilisant le mode $Y=f(X)$ de l'oscilloscope.

Problème 4.2. : Etude d'un montage non inverseur (0h45)

1. Montrer que le gain $H = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$.



Nb: La résistance R_3 n'est pas prise en compte dans le calcul théorique car i_e est idéalement considéré comme nul. Cependant il existe un courant de polarisation aux deux entrées de l'ampli-op ayant pour effet de décaler la sortie d'une valeur continue. Ce décalage peut être minimisé en veillant à ce que les résistances vues par chacune de bornes soient équivalentes...

2. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$, de mesurer les valeurs efficaces de $e(t)$ et $s(t)$, et de mesurer le courant d'entrée i_e . Le GBF délivrera un signal $e(t)=1.\sin(100\pi t)$. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**

Nb: L'expérimentateur curieux augmentera la fréquence et constatera soit une diminution de l'amplitude de sortie (Filtre PB) soit une distorsion (Slew rate). Il s'agit là des limitations de l'ampli-op en petits signaux et grands signaux dus à la structure du composant (Capacité interne, Résistance et Transistor)...

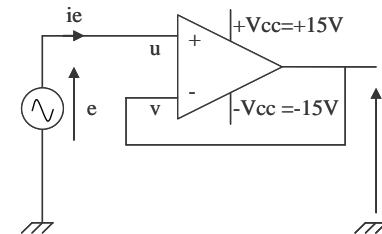
3. Visualiser et tracer les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$.

4. Dédire des mesures, la valeur de l'impédance d'entrée Z_e et imaginer quel intérêt cela peut avoir pour un technicien en Mesures Physiques.

Problème 4.3. : Etude d'un suiveur de tension à alimentation asymétrique (2h00)

1. Montrer que le gain $H = \frac{V_s}{V_e} = 1$ et que l'impédance d'entrée est idéalement infinie.

2. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$, de mesurer avec un seul voltmètres et un commutateur les valeurs efficaces de $e(t)$ et $s(t)$. Le GBF délivrera un signal $e(t)=1.\sin(1000.\pi.t)$. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**



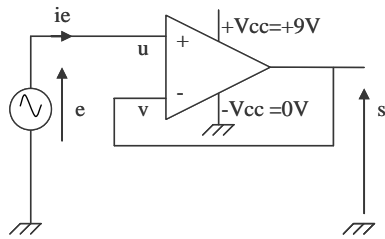
3. Visualiser et tracer les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$.

4. Mesurer le gain en tension (valeur et signe).

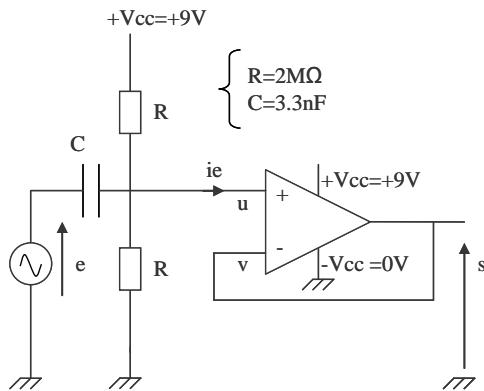
Rq : Le montage suiveur est utilisé dans le projet « radio » d'Atelier d'Electronique. L'intérêt étant d'avoir une impédance d'entrée élevée après le démodulateur (à base de diode) et avant d'attaquer les filtres et l'amplificateur audio. La radio doit être alimentée par une pile de 9 V. On ne dispose donc pas d'alimentation symétrique 15 V ni 9 V pour alimenter l'ampli-op. La solution est d'alimenter les ampli-op en asymétrique comme illustré dans la figure ci-dessous (Ne pas réaliser le montage) :

5. Que devient théoriquement la tension de saturation négative $-V_{sat}$ de l'ampli-op ?

6. Tracer sur un même graphe la tension d'entrée $e(t)=1.\sin(2\pi f.t)$ et l'allure théorique de la tension de sortie $s(t)$.



Rq : Ce montage ne convient donc pas. Il ne permet pas d'amplifier les tensions négatives. Pour remédier à ce problème, on propose le montage ci-dessous :



7. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $e(t)$ et $s(t)$, et de mesurer les valeurs efficaces de $e(t)$ et $s(t)$. Le GBF délivrera un signal $e(t)=0$ ou $1.\sin(1000.\pi.t)$. **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**

8. Visualiser et tracer l'oscillogramme de $s(t)$ lorsque $e(t)=0$.

9. Visualiser et tracer l'oscillogramme de $s(t)$ lorsque $e(t)=1.\sin(1000.\pi.t)$.

10. On admet qu'à la fréquence de $e(t)$, l'impédance de la capacité (dite de découplage) est négligeable par rapport à $R/2$. Vérifier cette hypothèse par le calcul.

11. Justifier alors les résultats des questions 8 et 9 en utilisant le théorème de superposition.

12. Quelle est cette fois-ci l'impédance d'entrée du montage ?

13. Que peut-on proposer pour extraire la composante alternative de $s(t)$?

Nb : Le test peut se faire rapidement en jouant sur le couplage de l'oscilloscope.

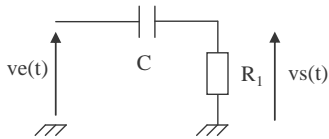
TP 5. : Filtrage Passif et Actif du 1^{er} ordre (révision) (4h)

Objectif: Etudier les caractéristiques fréquentielles de filtres passifs et actifs d'ordre 1.

Matériel: Ampli-Op LM741; Source de tension symétrique DC +15/-15[V]; GBF 50[Ω]; R₁=10+10[kΩ], R₂=100[kΩ]; C=10[nF]; Oscilloscope; Voltmètre.

Problème 5.1. : Filtre passif du premier ordre (1h45)

1. Donner l'expression du gain complexe $H(j\omega) = \frac{V_s}{V_e}$ en identifiant la fréquence de coupure f_c ainsi que le gain statique H_0 .



2. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $v_e(t)$ et $v_s(t)$, et de mesurer les valeurs efficaces de V_e et V_s . **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**

Nb: Utiliser le GBF pour créer une tension sinusoïdale $v_e(t)=1,41[V]$ d'amplitude sur une plage de fréquence allant de 100[Hz] et 10[kHz].

3. Relever dans un tableau la tension V_s , le gain $|H(j\omega)|_{db}$ et l'argument $\arg[H(j\omega)]$ vs $f=100[Hz]$ à 10[kHz].

Nb: Pour obtenir le gain en db par la mesure, il faut mémoriser la tension V_e à l'aide de la touche REL du voltmètre, puis passer en mode db à l'aide de la touche DB et mesurer la tension V_s . Ainsi, le voltmètre donnera directement le rapport V_e/V_s en db.

Nb: Pour mesurer le déphasage il est pratique de décaler la base de temps afin de caler une demie période sur 9 carreaux de sorte qu'un carreau vaille 20°.

4. Tracer sur une même feuille semi-logarithmique le gain $|H(j\omega)|_{db}$ et l'argument $\arg[H(j\omega)]$ vs $f=100[Hz]$ à 10[kHz].

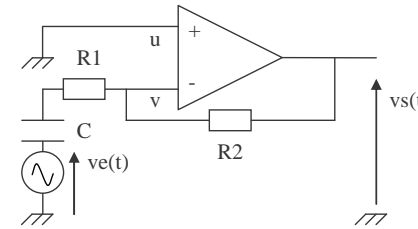
5. Préciser de quel type de filtre il s'agit.

6. Déduire la valeur de la fréquence de coupure f_c à -3dB et de l'argument à cette même fréquence, puis comparer aux valeurs théorique.

Nb: Pour mesurer à l'oscilloscope une atténuation de 3db il est pratique de décaler la voie afin de caler l'amplitude de référence (prise en BF pour un PB) sur 7 carreaux de sorte que les 3db d'atténuation (ie. $1/\sqrt{2}$) soient atteints lorsque le signal tient sur 5 carreaux.

Problème 5.2. : Filtre actif du premier ordre (1h45)

1. Montrer que le gain complexe $H(j\omega) = \frac{V_s}{V_e} = H_0 \frac{j\omega\tau}{1+j\omega\tau}$ avec $\tau = R_1C$ et $H_0 = -\frac{R_2}{R_1}$.



2. Réaliser le schéma puis le montage et les réglages, permettant de visualiser les oscillogrammes de $v_e(t)$ et $v_s(t)$, et de mesurer les valeurs efficaces de V_e et V_s . **Faire vérifier le schéma, le montage et les réglages.**

Nb: Utiliser le GBF pour créer une tension sinusoïdale $v_e(t)=1,41[V]$ d'amplitude sur une plage de fréquence allant de 100[Hz] et 10[kHz].

3. Relever dans un tableau la tension V_s , le gain $|H(j\omega)|_{db}$ et l'argument $\arg[H(j\omega)]$ vs $f=100[Hz]$ à 10[kHz].

Nb: Pour obtenir le gain en db par la mesure, il faut mémoriser la tension V_e à l'aide de la touche REL du voltmètre, puis passer en mode db à l'aide de la touche DB et mesurer la tension V_s . Ainsi, le voltmètre donnera directement le rapport V_e/V_s en db.

Nb: Pour mesurer le déphasage il est pratique de décaler la base de temps afin de caler une demie période sur 9 carreaux de sorte qu'un carreau vaille 20°.

4. Tracer sur une même feuille semi-logarithmique le gain $|H(j\omega)|_{db}$ et l'argument $\arg[H(j\omega)]$ vs $f=100[Hz]$ à 10[kHz].

5. Préciser de quel type de filtre il s'agit.

6. Déduire la valeur de la fréquence de coupure f_c à -3dB et de l'argument à cette même fréquence, puis comparer aux valeurs théorique.

Nb: Pour mesurer à l'oscilloscope une atténuation de 3db il est pratique de décaler la voie afin de caler l'amplitude de référence (prise en BF pour un PB) sur 7 carreaux de sorte que les 3db d'atténuation (ie. $1/\sqrt{2}$) soient atteints lorsque le signal tient sur 5 carreaux.

7. Préciser ce qui distingue expérimentalement un filtre actif d'un filtre passif.