

TRAVAUX PRATIQUES
D'ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE
(Systèmes Électronique II)

ENSEA 2ème année
2022 - 2023



MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE, DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE

TRAVAUX PRATIQUES D'ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE

ENSEA 2^{ème} année

2021-2022

Liste des thèmes

E1 : Oscillateur Colpitts

E2 : Amplificateur classe C

E3 : Lignes de transmission

E4 : Boucle à verrouillage de phase

Rotations

Les différents thèmes s'enchaînent dans l'ordre suivant :

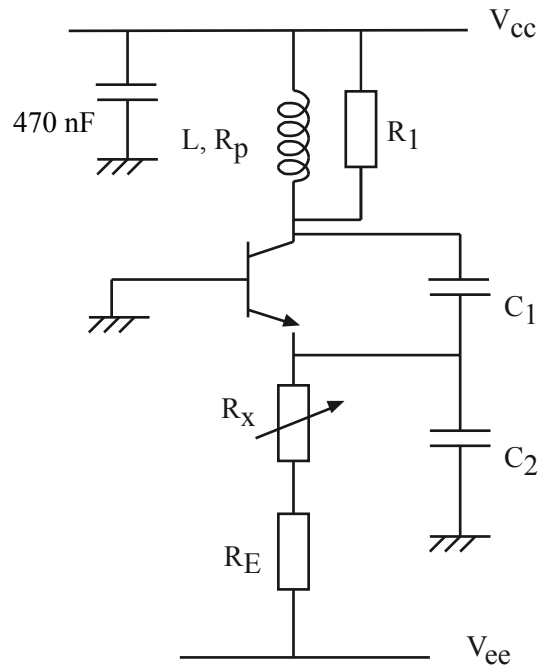
E1, E2, E3, E4

Compte-rendus

Pour chaque thème, un compte rendu devra être effectué, et remis au plus tard lors de la séance suivante.

E1 : Oscillateur Colpitts

Montage :



$R_E = 10 \text{ k}\Omega$, $R_1 = 5,6 \text{ k}\Omega$, $C_1 = C_2 = 470 \text{ pF}$

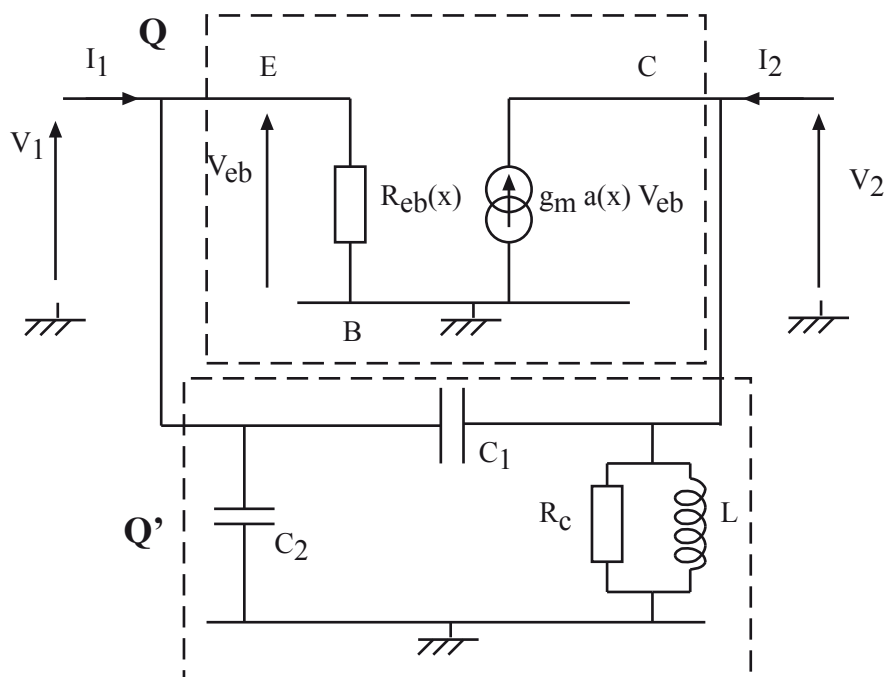
Potentiomètre (ou résistances discrètes) : $[0, 1 \text{ M}\Omega]$

$L = \text{Bobine}$, valeur indicative : $47 \text{ }\mu\text{H}$

$V_{cc} = +15\text{V}$, $V_{ee} = -15\text{V}$, transistor 2N1711

Modélisation

Lorsque les grandeurs sont périodiques, le schéma équivalent pour le premier harmonique devient :



Comme dans le cours, les paramètres du transistor sont donnés par :

$$v_{BE}(t) = V_{BE0} + V_{be} \cos(\omega t)$$

$$R_{eb}(x) = \frac{V_T}{I_{C0} a(x)}, \quad g_m = \frac{I_{C0}}{V_T}, \quad \text{avec } x = \frac{V_{be}}{V_T}$$

et $a(x)$ la fonction sans dimension définie dans le cours

L'oscillation a lieu lorsque les tensions V_1 et V_2 ne sont pas nulles alors que les courants I_1 et I_2 sont nuls.

Le calcul peut alors être effectué à l'aide des matrices admittances :

Soit $[Y]$ la matrice admittance du quadripôle Q, $[Y']$ la matrice admittance du quadripôle Q', le quadripôle résultant a pour matrice $[Y'']=[Y]+[Y']$

La condition d'oscillation se réduit alors à :

$$\det(Y'') = 0$$

On note $R_c = R_1 // R_p$

On aboutit alors aux conditions d'oscillation suivantes :

$$f = f_0 \sqrt{1 + \frac{L}{R_c R_{eb} (C_1 + C_2)}} \cong f_0 \quad \text{avec :} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}}}$$

$$g_m a(x) \cong \frac{1}{R_c} \frac{(C_1 + C_2)^2}{C_1 C_2}$$

Manipulations

1°) Faire varier la résistance d'émetteur. Les grandeurs I_{C0} , f_0 et x peuvent alors varier. Relever, à l'aide d'une sonde d'oscilloscope (x 10), les grandeurs de manière à remplir le tableau ci-dessous :

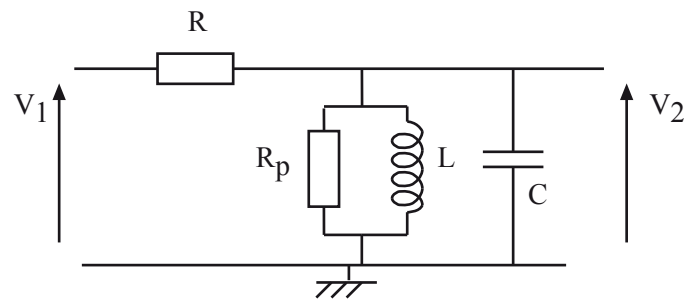
Rx	x	V _{eb}	V _{cb}	I _{C0}	f
	2				
	4				
	6				
	8				
	10				

Expliquer l'influence de la polarisation sur les variations d'amplitude observées.

2°) L'inductance bobinée sur noyau de ferrite présente une résistance de pertes R_p qui peut varier significativement avec l'amplitude de la tension à ses bornes. Mesurer la résistance de pertes et

l'inductance de la bobine pour les valeurs de tensions relevées précédemment et pour une valeur de fréquence voisine de celle de l'oscillateur.

On utilisera la configuration de mesure ci-dessous :



La résonance sera repérée à l'aide de l'observation du déphasage entre V_1 et V_2 , les valeurs de R et de C seront mesurées au préalable.

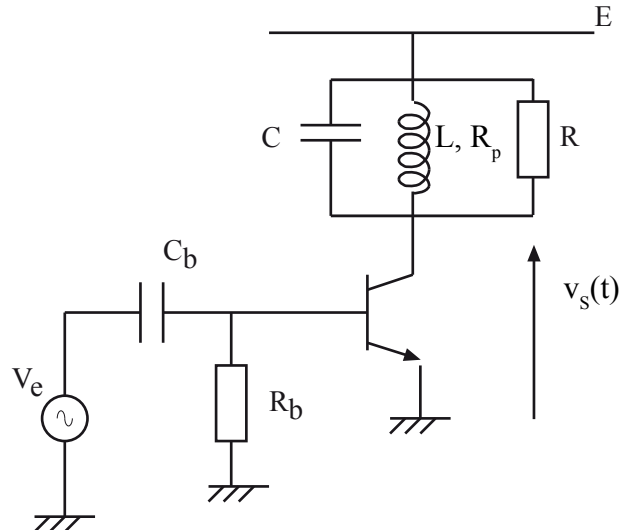
3°) Dédire des mesures précédentes la courbe expérimentale $a(x)$ et la comparer à la courbe théorique.

Simulation

Reproduire l'oscillateur avec le logiciel *SPICE* et effectuer une simulation dans le domaine temporel. Pour provoquer le démarrage des oscillations, on veillera à appliquer une brève perturbation sur la base du transistor. Observer le démarrage. Retrouve-t-on le régime permanent les grandeurs observées ?

E2 : Amplificateur classe C

L'objectif de ce TP est de concevoir un amplificateur classe C :



$C = 820 \text{ pF}$; $E = +15 \text{ V}$; $R = 4,7 \text{ k}\Omega$; Transistor 2N1711 ; $L = \text{Bobine}$, valeur indicative : $47 \text{ }\mu\text{H}$

On désire obtenir une amplitude de 10 V pour $V_s(t)$ lorsque l'amplitude de $V_e(t)$ est égale à 1 V .

Mesures préliminaires

1. Bobine : inductance et résistance de pertes (la mesure doit être effectuée à la fréquence de travail)
2. β_s : β statique du transistor

Prédétermination des composants du montage

1. En supposant que la condensateur de liaison se comporte comme un « court-circuit dynamique » parfait, et qu'il réalise avec le transistor un « circuit d'alignement à $0,7 \text{ V}$, déterminer la valeur du courant de polarisation I_{C0} .
2. Déterminer le schéma équivalent de l'ensemble valable pour le 1^{er} harmonique, en déduire le gain de l'amplificateur
3. En déduire la valeur de R_b compatible avec le cahier des charges

Expérimentation

1. Amplitude de $V_s(t)$
2. Allure de $V_{BE}(t)$
3. Allure temporelle du courant collecteur dans le transistor
4. Rendement. Pour se placer dans les conditions optimales, on diminuera la valeur de la tension d'alimentation, jusqu'à la limite de la saturation.

Simulation

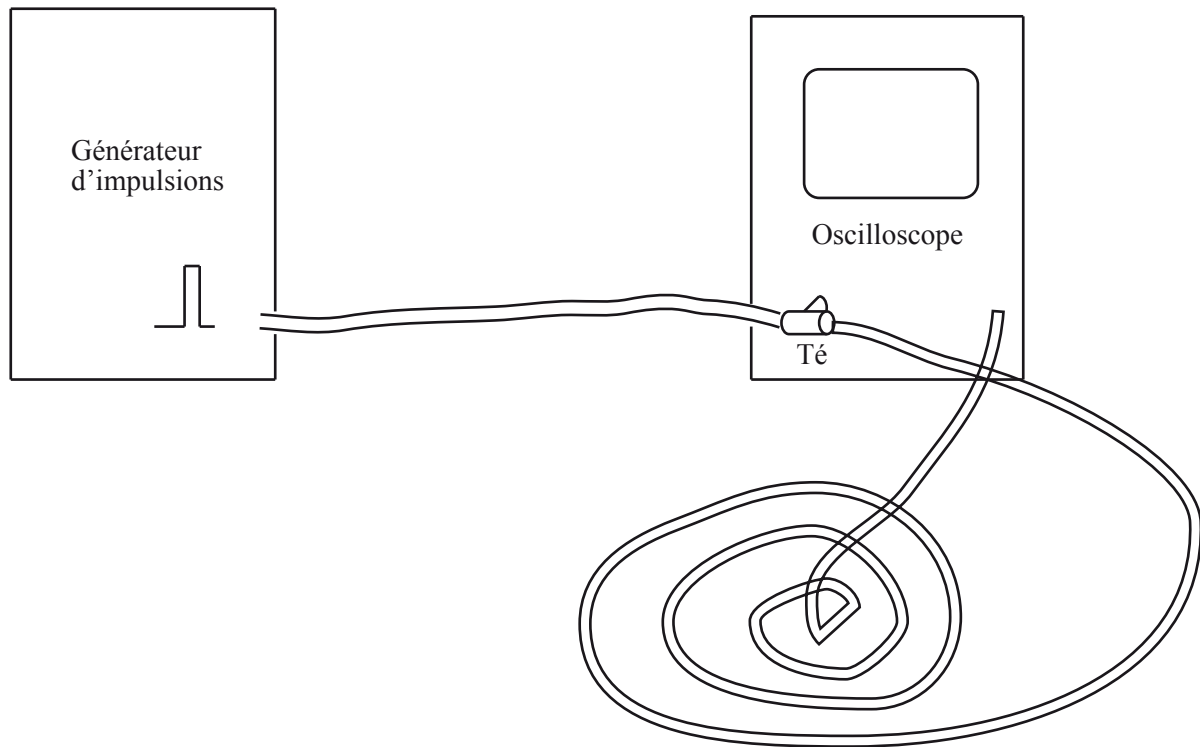
(en utilisant le modèle générique du transistor, avec le même β_s) :

1. Comparaison avec les mesures
2. Allure temporelle du courant collecteur

E3 : Lignes de transmission

On dispose d'une ligne coaxiale de longueur 15 m. La valeur de son impédance caractéristique est voisine de 50Ω .

On utilise le montage suivant :



Mesures de l'inductance et de la capacité linéiques de la ligne

Utiliser l'appareil adapté, disponible dans le laboratoire où vous vous trouvez, pour mesurer la valeur de l'inductance linéique et de la capacité linéique de la ligne.

Etude en régime impulsionnel

1°) Observer les réflexions multiples, lorsque la ligne est fermée par :

Un circuit ouvert

Un court-circuit

Une charge adaptée

En déduire une valeur pour la vitesse de propagation, ainsi que pour l'impédance caractéristique.

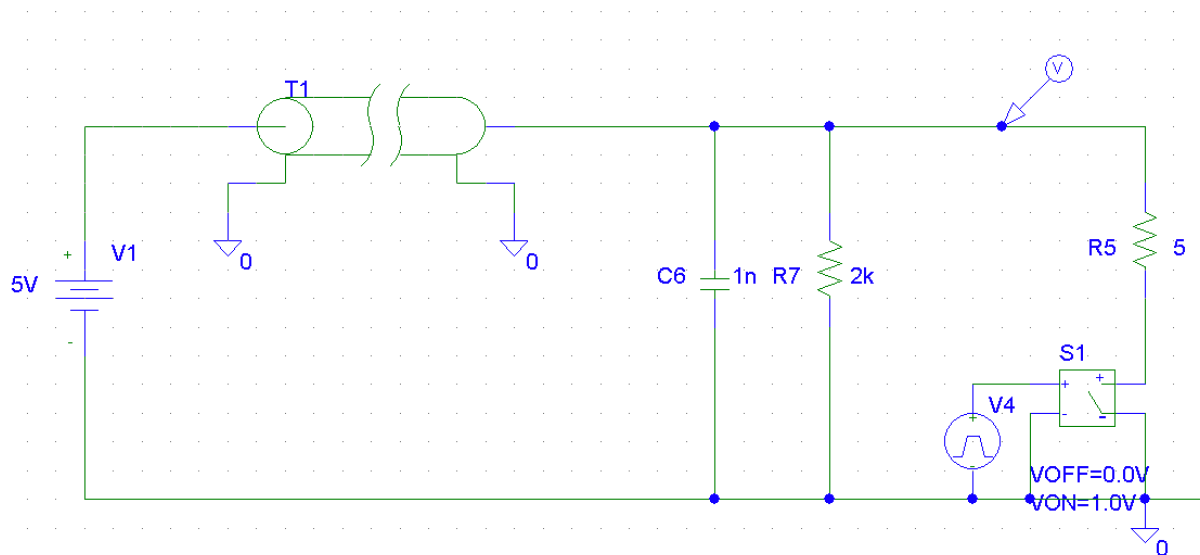
2°) A l'aide d'une résistance de 18Ω en parallèle sur le générateur, faire en sorte de transformer le générateur d'impulsions en générateur d'impédance interne $13,2 \Omega$

Observer les réflexions multiples lorsque la sortie est en court-circuit, puis lorsque la sortie est en circuit ouvert.

Interpréter à l'aide de la méthode du tableau.

Simulation des variations de tension sur la ligne d'alimentation d'un composant consommant 1A de façon impulsionnelle,

On effectuera une simulation du circuit suivant :



Les fils utilisés pour l'alimentation du composant sont modélisés par une ligne de propagation. Cette ligne est d'impédance caractéristique $200\ \Omega$, avec un temps de propagation de 5 ns (quelle est sa longueur, si la vitesse de propagation est $2 \cdot 10^8\ \text{m s}^{-1}$?)

La résistance de $5\ \Omega$ consomme 1A par impulsions de largeur $2\ \mu\text{s}$, et de période de répétition 20 kHz. Lorsque ce composant ne consomme plus, la ligne reste chargée par les autres composants du circuit représentés par une résistance de $2\ \text{k}\Omega$, en parallèle avec un condensateur de 1nF.

Le switch se trouve dans SPICE dans la librairie « analog ». Il s'agit du composant « S ».

1°) Quelle valeur max faut-il choisir pour le paramètre « step ceiling » ?

2°) Expliquer le phénomène observé à la fermeture de l'interrupteur

3°) Expliquer le phénomène observé à l'ouverture de l'interrupteur. Diminuer la valeur du condensateur C_6 . Comment expliquez-vous les phénomènes observés ?

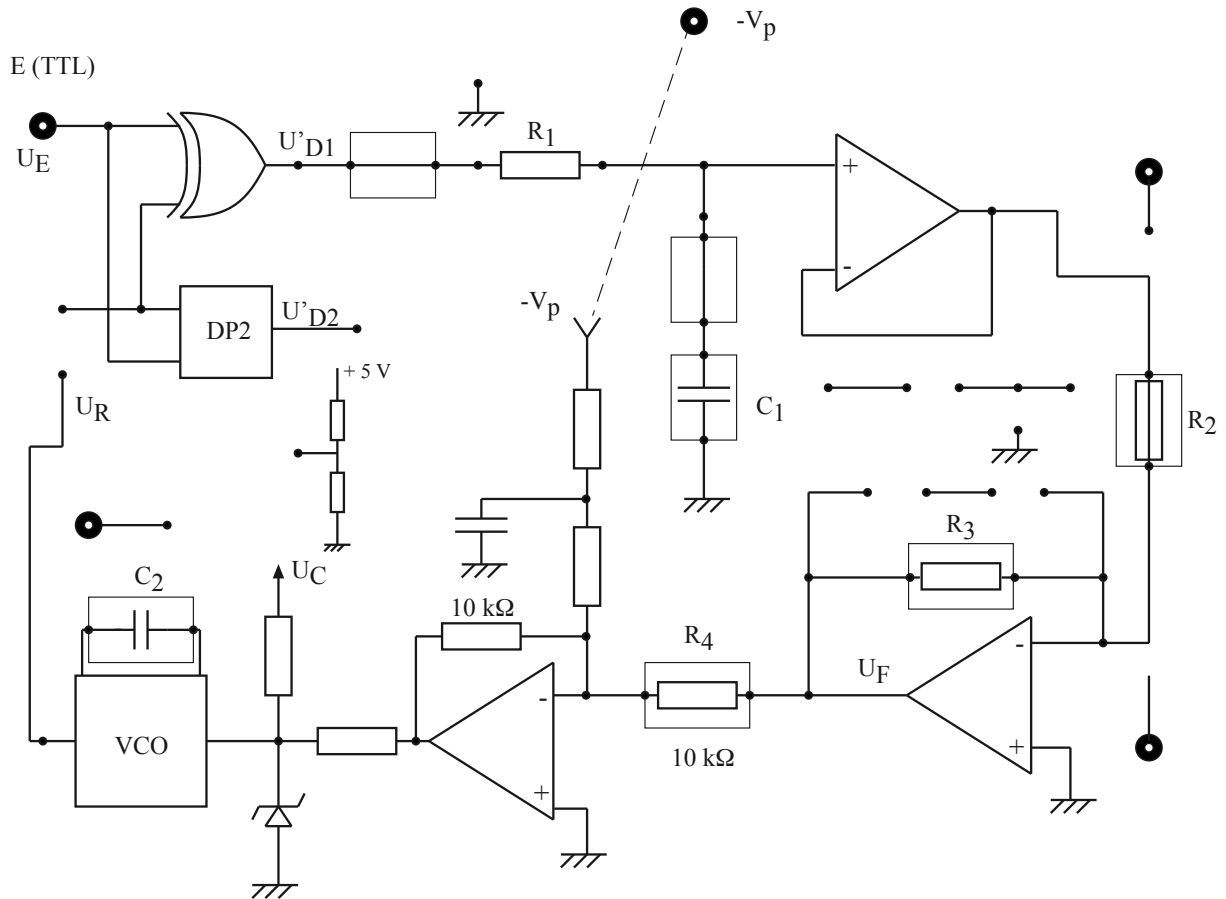
Faire le parallèle avec le cas où l'on observe la production d'un arc électrique, lorsque l'on ouvre un circuit parcouru par un courant continu de forte valeur.

Étude en régime indiciel

Reprendre la ligne de 15 m pour effectuer les mêmes mesures qu'en début de séance, mais en régime indiciel. On fermera la ligne par un circuit ouvert, puis par une charge adaptée.

E4 : Boucle à verrouillage de phase

Maquette utilisée :



Régime statique

1°) Caractérisation du VCO

On choisit $C_2 = 470\text{ pF}$. La boucle étant ouverte, faire varier l'entrée du VCO, U_C , à l'aide d'une source de tension extérieure appliquée au point « $-V_p$ » (ne pas appliquer de tension directement sur U_C qui est une sortie). Relever la caractéristique fréquence-tension du V.C.O. En déduire la valeur de la constante K_0 (en $\text{rd s}^{-1}\text{ V}^{-1}$) du V.C.O.

2°) Réglage du point de repos

Choisir le point de repos du V.C.O. de façon à ce qu'il fonctionne au milieu d'une zone de fonctionnement linéaire. Soit f_{C0} la valeur de cette fréquence.

Choisir une valeur convenable pour la constante de temps du passe-bas $R_1 C_1$, de façon à obtenir un fonctionnement correct à la fréquence f_{C0}

$$\text{On impose } F_0 = \frac{R_3}{R_2} = 0,2$$

On applique une tension $U_E = 0$ à l'entrée de la boucle. Régler $-V_P$ de façon à ce que le V.C.O. fonctionne à la fréquence f_{C0} .

Appliquer maintenant un signal d'entrée $u_E(t)$ (TTL) de fréquence $f_E = f_{C0}$. Vérifier le verrouillage de la boucle, et vérifier en particulier que le déphasage $\varphi_E - \varphi_R$ est égal à $+\pi/2$ en milieu de plage.

3°) Fonctionnement du détecteur de phase

La boucle est verrouillée avec $f_E = f_{C0}$. Faire varier $-V_P$ et mesurer la caractéristique du détecteur de phase $U_D = f(\varphi_E - \varphi_R)$

4°) Plage de verrouillage et plage de capture

Revenir au point de fonctionnement nominal, puis faire varier la fréquence d'entrée f_E .

Déterminer les limites de la plage de verrouillage et de la plage de capture.

Etudier l'influence de la constante de temps $R_1 C_1$ sur la largeur de ces plages.

Fonctionnement en régime dynamique

1°) Réponse à un échelon de fréquence

A l'aide d'un générateur de signaux utilisé en modulation de fréquence (avec un modulant de type carré), appliquer un échelon de fréquence d'amplitude Δf plus petite que la largeur de la plage de capture.

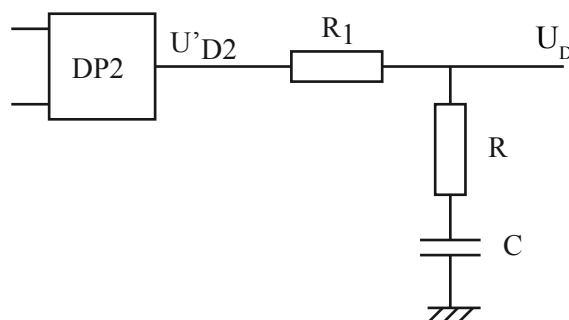
Observer l'allure de $u_F(t)$ et comparer au résultat théorique.

2°) Optimisation vis à vis du temps de réponse

Choisir la valeur de la constante de temps $R_1 C_1$ permettant d'obtenir le temps de réponse optimal. Vérifier expérimentalement.

Étude d'une boucle fermée utilisant le détecteur séquentiel

On utilise le détecteur de phase n° 2, relié au filtre passif suivant :



Choisir les valeurs des composants de façon à obtenir un gain $\frac{u_D}{u'_{D2}}$ égal à 1/10 aux fréquences élevées, et à ce que la fréquence d'entrée se situe dans cette zone.

2°) Fermer la boucle à l'aide de ce détecteur (en prenant bien soin de déconnecter le pont diviseur utilisé ci-dessus), et interpréter le comportement statique :

Plage de verrouillage

Plage de capture

Valeur de $\varphi_E - \varphi_R$

