

TP5 - Redresseur à diodes de basse-puissance

Introduction :

Au poste Outaouais de TransÉnergie au Québec, les réseaux Hydro One et Hydro Québec sont interconnectés via un redresseur. Dans ce cas précis, les puissances sont très élevées et le redresseur comporte des interrupteurs commandés (assurant la fonction transistor) gérant de fortes puissances. Nous nous limitons à l'étude des redresseurs à simples diodes non commandées.

Matériel :

- Un oscilloscope Agilent à 2 ou 4 voies d'entrées,
- Une carte Sysam et un ordinateur muni des logiciels Latispro et Python,
- Un multimètre numérique (Fluke) et sa *datasheet*,
- Un GBF et sa *datasheet*, de résistance interne $R_g = 50 \Omega$,
- Une plaquette Lab multi-connexions, des composants passifs Radiospare,
- Des puces d'ALI 081,
- Une boîte de diodes variées avec leurs *datasheets* : modèles de caractéristiques de diodes dans le document « Composants électroniques ».
- Un pont de 4 diodes pré-câblé sur plaquette en résine et appelé « le pont de Graëtz ».

La diode à jonction :

Une diode (D) à jonction est un dipôle à deux états : passant ou bloqué.

On définit la tension v_d à ses bornes comme le potentiel de son anode diminué du potentiel de sa cathode.

On définit le courant i_d qui la parcourt dans le sens anode \rightarrow cathode. Ces deux grandeurs sont ainsi fléchées en convention-récepteur.

Dans l'état passant, on a : $v_d \geq U_s$; $i_d \geq 0$; $i_d = \frac{v_d - U_s}{R_d}$. Dans l'état bloqué, on a : $v_d \leq U_s$ et $i_d = 0$.

La tension de seuil U_s de (D) se situe, pour une diode à jonction à silicium ou germanium, dans l'intervalle $[0,6V ; 0,7V]$.

La résistance interne R_d de (D) se situe dans l'intervalle $[1\Omega ; 1k\Omega]$.

Il est fréquent de faire l'hypothèse : $R_d \rightarrow 0 \Leftrightarrow \frac{1}{R_d} \rightarrow \infty$. Alors, l'état passant correspond simplement à : $v_d = U_s$ et $i_d \geq 0$.

Une diode idéale vérifie : $R_d \rightarrow 0$ et $U_s = 0$.

Ce TP adopte les hypothèses : $R_d \rightarrow 0$ et $U_s \neq 0$.

I. Redresseur mono-alternance à 1 seule diode :

1. Tracé de caractéristique :

- Proposer un protocole de tracé de la caractéristique $i_d = f(u_d)$ en dynamique (en courant alternatif) de la diode D à jonction, sur l'écran de l'oscilloscope, en utilisant le circuit de fig. 1.

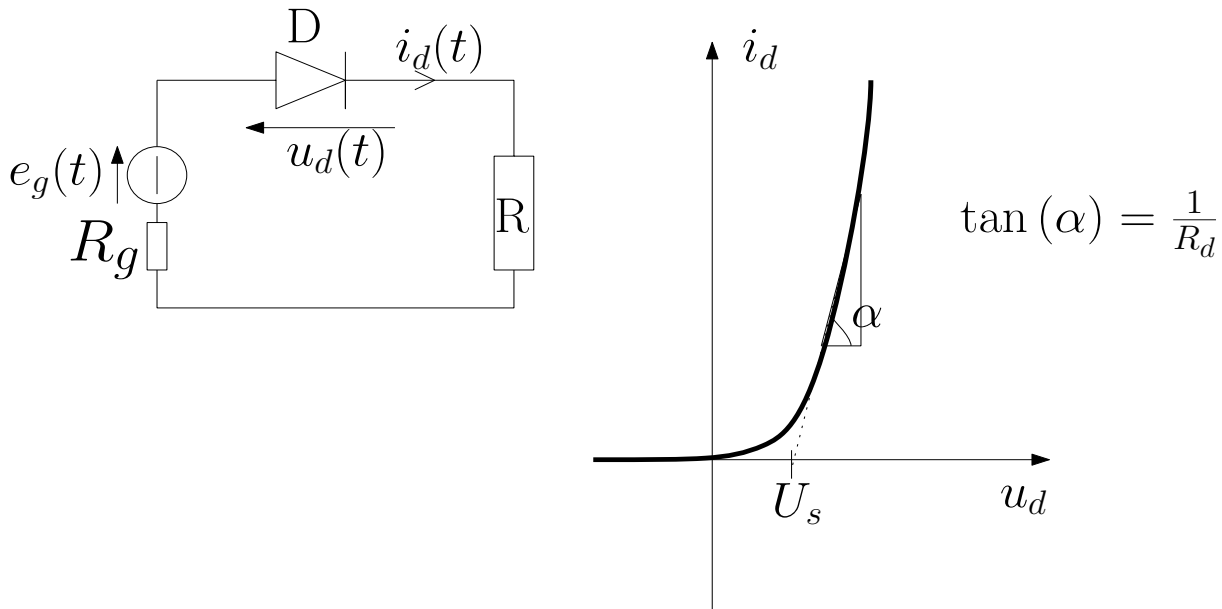


FIGURE 1 – Montage série à diode et résistance.

- ii. Choisir une diode à jonction de base, consulter sa *datasheet* et relever les courants et tensions qu'elle peut supporter à l'état passant et à l'état bloqué.

Mettre en œuvre le protocole de tracé de sa caractéristique en prenant garde de ne pas la griller. Mesurer la résistance différentielle R_d et la tension de seuil U_s . La caractéristique se modifie-t-elle si on monte la fréquence ?

Ne disposant pas d'un oscilloscope différentiel, on met la masse du montage à la masse du GBF, on utilise la carte Sysam pour capter deux tensions, et on calcule u_d en demandant à LatisPro de faire la différence des deux tensions :

Traitements/feuille de calculs (F3)

Taper : $u = EA1 - EA2$

faire : **Calcul/Exécuter**

Alors, le logiciel génère un tableau de 200 valeurs et crée la grandeur "u" qu'on peut porter en ordonnées d'un graphe. On trace alors la caractéristique demandée à l'écran de l'ordinateur et non sur celui de l'oscilloscope.

- iii. Appeler le professeur pour rendre compte des résultats

2. Redressement d'un signal sinusoïdal :

i. Intérêt :

ce montage coupe les tensions négatives, mais ce n'est pas la fonction pour laquelle il est le plus utilisé. Sa fonction première est de diviser par deux la puissance appelée dans la charge.

On utilise cette fonction dans les systèmes à deux positions, appareils de chauffage ou sèche-cheveux, l'interrupteur commandant le basculement étant placé en parallèle d'une diode.

Lorsqu'on veut une pleine puissance, l'interrupteur est fermé, il court-circuite la diode et la résistance de l'appareil est alimentée directement par la tension du secteur EDF. Pour le

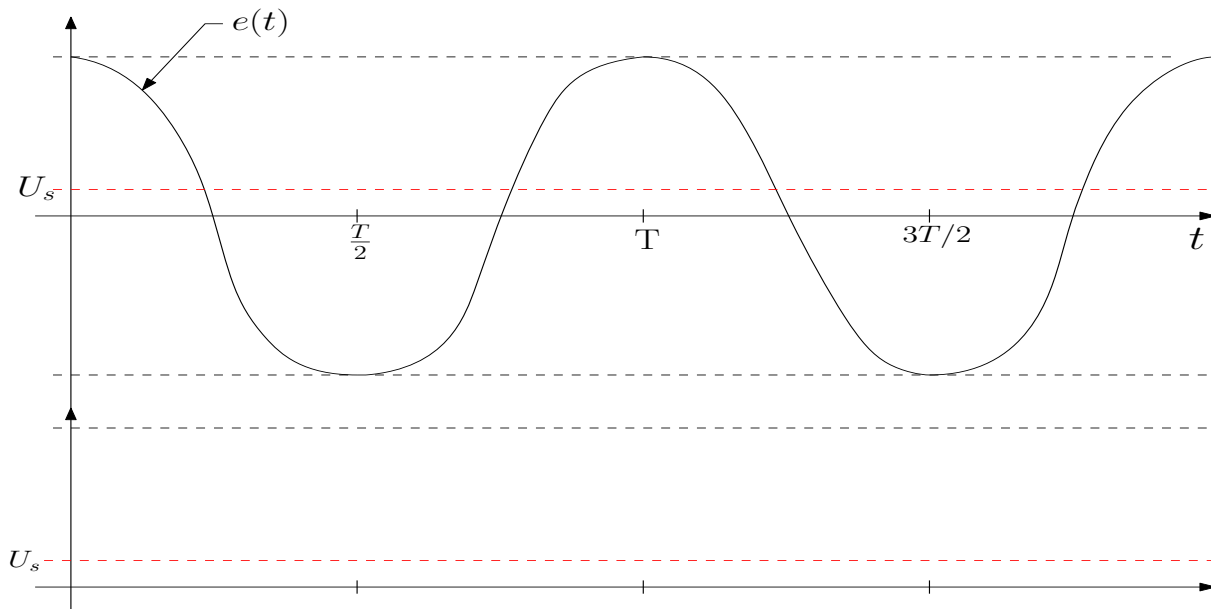


FIGURE 2 – Redressement d’une sinusoïde : chronogrammes muets.

fonctionnement à demi-puissance, l’interrupteur est ouvert et la diode est en série avec la résistance de l’appareil leur association étant alimentée par la tension du secteur.

Dans un autre domaine, on charge mieux une batterie (pile électrochimique) avec un courant redressé qu’avec un courant continu : pourquoi ?

- ii. On associe en série le GBF, la diode à jonction et une résistance de charge $R_c = 300\Omega$. La résistance interne du GBF est notée R_g . La relever dans la *datasheet* de l’appareil.

Faire en sorte que le GBF délivre la tension d’entrée $e(t)$ sinusoïdale d’amplitude $E = 4V$ et de fréquence $f = 100Hz$. On note $i(t)$ le courant dans le montage d’amplitude I .

- iii. On s’intéresse aux tensions $e(t)$ d’entrée et $s(t)$ de sortie (prise aux bornes de R_c et d’amplitude S). Mettre en œuvre l’expérience et tracer sur les chronogrammes muets de figure 2, que l’on joindra au compte-rendu, les graphes de ces deux tensions. Commenter.

- iv. **Étude théorique** : exprimer par des calculs analytiques les tensions $e(t)$ et $s(t)$. On distinguera deux cas :

cas logique de la diode	lois électriques	signe de $e(t) - U_s$	expression de $s(t)$
Diode passante :			
Diode bloquée :			

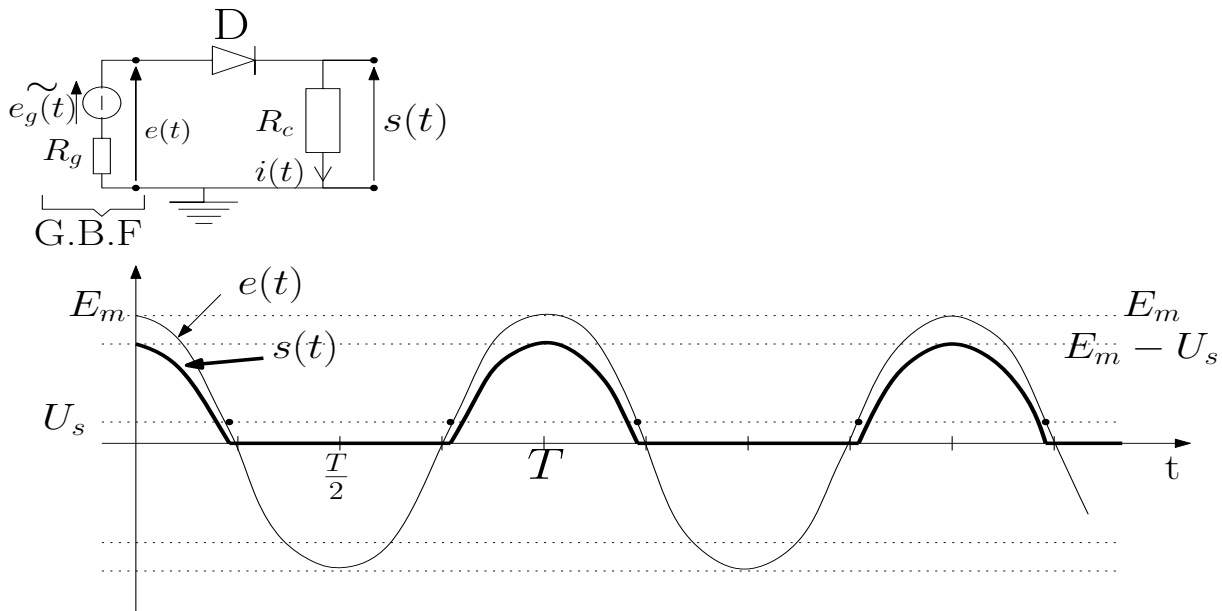


FIGURE 3 – Redressement mono-alternance d’une sinusoïde (corrigé).

Calculer la valeur théorique de I_{the} de I , amplitude de $i(t)$.

Montrer que :

$$\langle s(t) \rangle = \frac{S}{\pi} \text{ puis que } S_{eff} = \sqrt{\langle s^2(t) \rangle} = \frac{S}{2}.$$

- v. Comparer théorie et expérience, en mesurant S_{eff} et $\langle s(t) \rangle$ au multimètre. Déterminer les écarts obtenus et justifier les sources d’imprécisions. Noter qu’au multimètre, la valeur moyenne se mesure en DC, tandis que la valeur efficace vraie se mesure en AC.
- vi. Dans la *datasheet* du multimètre et pour une mesure de tension (en AC ou en DC), relever la résolution maximale et la précision. Se reporter au document sur les évaluations d’incertitudes et faire un calcul d’incertitudes sur S_{eff} et $\langle s(t) \rangle$.
- vii. **Appeler le professeur et exposer les résultats**

II. Redresseur mono-alternance et filtre RC (détecteur de crête) :

On ajoute une capacité C en parallèle sur la résistance de charge R_c du montage précédent. Si $R_c C f \gg 1$ on a affaire à un détecteur de crête.

On se reporte à la figure 4 (chronogrammes muets de tensions).

1. **Charge de C** : quels sont l’état de la diode (D) et le lien entre $s(t)$ et $e(t)$?
2. **Décharge de C** : quels sont l’état de (D), les relations entre l’intensité $i_2(t)$ circulant dans C , l’intensité $i_3(t)$ circulant dans R_c , la charge $q_2(t)$ aux bornes de C , la tension de sortie $s(t)$? Quelle est l’expression analytique de $s(t)$?
3. Comment faut-il choisir $\tau = R_c C$ par rapport à la période T ?
4. **Mise en œuvre expérimentale** : traiter des exemples dans le cadre suivant :
 - ** ($C = 10\text{nF}$; $R_c = 500\Omega$; $f \geq 100\text{kHz}$),
 - ** ($C = 1\mu\text{F}$; $R_c = 1000\Omega$; $f \geq 10\text{kHz}$).

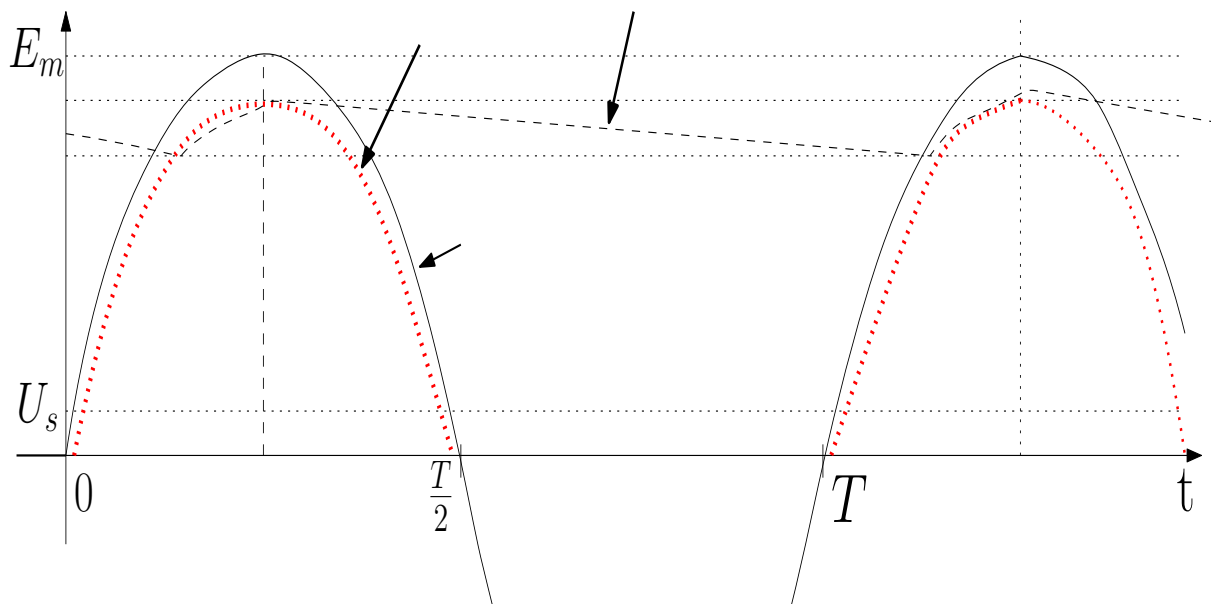


FIGURE 4 – Détecteur de crête appliqué à une sinusoïde : chronogrammes muets.

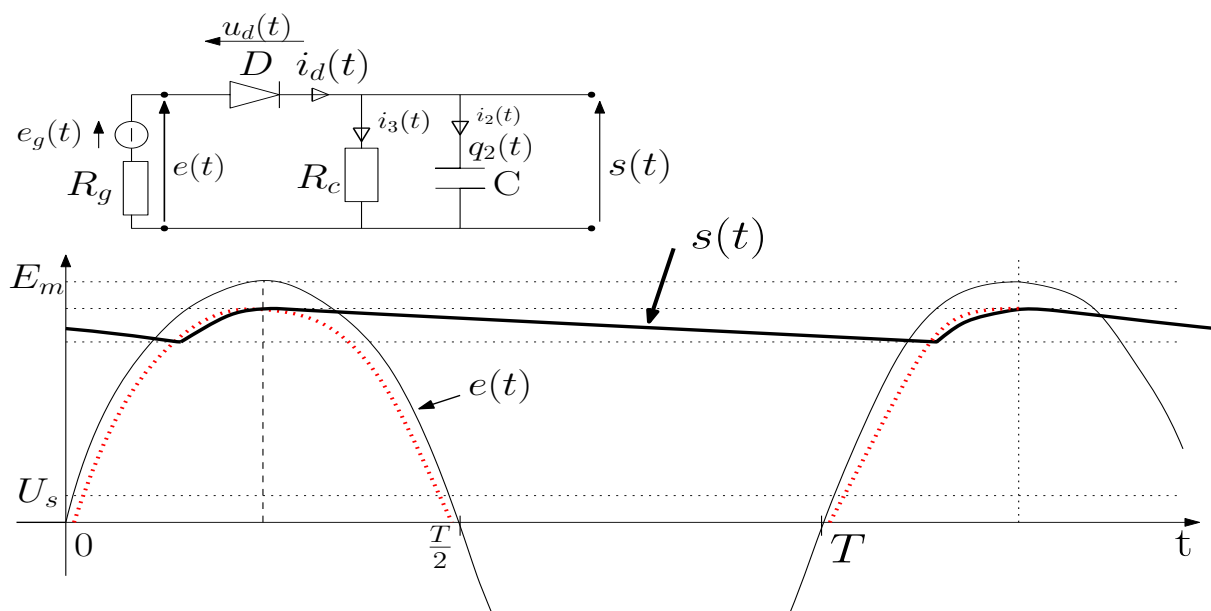


FIGURE 5 – Détecteur de crête appliqué à une sinusoïde (corrigé).

5. Modèle théorique simple :

On modélise la tension de sortie comme une tension en dents de scies, composée de segments quasi-verticaux (phases de charge de C supposées quasi-instantanées), et de segments obliques de pente négative (phases de décharge de C , de durée Δt) comme en fig. 6.

Le courant de décharge I_3 (courant circulant dans la résistance lorsque la diode est bloquée), est supposé constant.

Dans une phase de décharge de durée Δt , où $s(t)$ chute de ΔS , relier I_3 , C , Δt et ΔS .

Montrer que $S_{moy} \simeq R_c I_3$ et exprimer le taux d'ondulation $\delta_{ond} = \frac{\Delta S}{S_{moy}}$.

Comment dimensionner C afin d'obtenir un taux d'ondulation inférieur à $x\%$?

Appeler le professeur et exposer les résultats

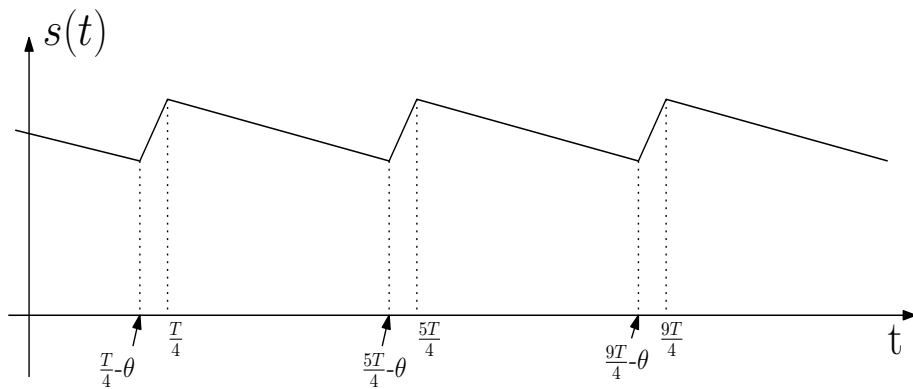


FIGURE 6 – Modélisation de la tension obtenue par détection de crête appliquée à une sinusoïde.

III. Redresseur bi-alternance :

On se rapporte à la figure 7, donnant le montage de redressement bi-alternance. Le pont de quatre diodes est pré-câblé.

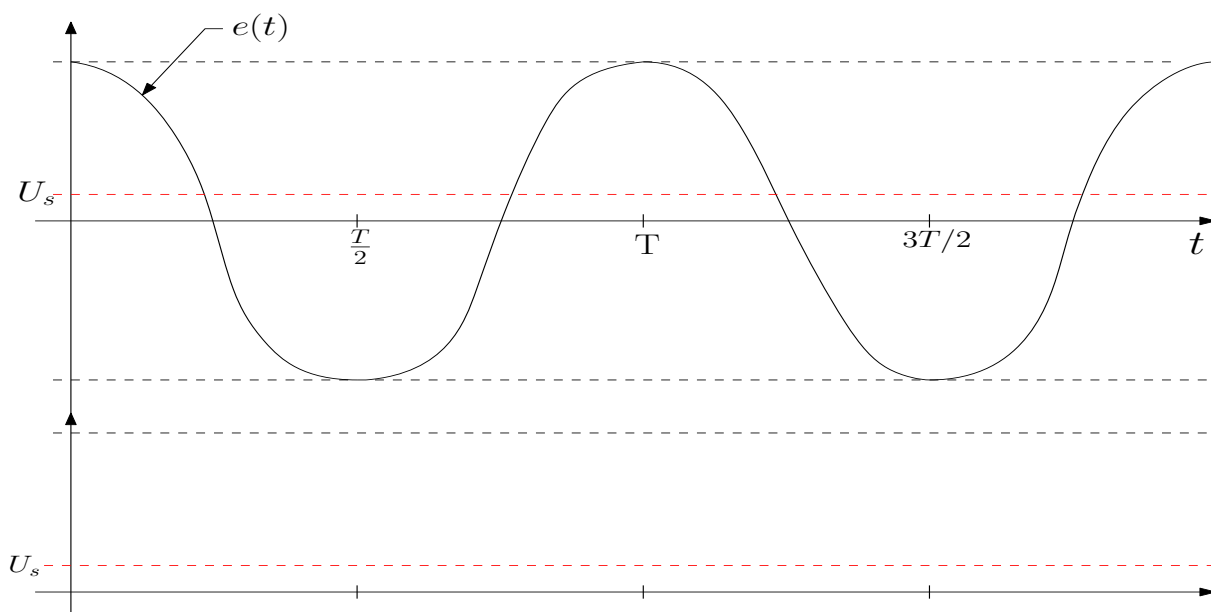


FIGURE 7 – Redressement d'une sinusoïde : chronogrammes muets.

On suppose les diodes idéales, sans seuil et sans résistance interne. On adopte :

$$R_c = 300\Omega ; E = 4.5V ; f = 50\text{Hz} \text{ puis } f = 1\text{kHz} .$$

1. Théorie :

i. Approche qualitative :

On admet que deux diodes conduisent aux alternances positives de $e(t)$: lesquelles ?

On admet que deux diodes conduisent aux alternances négatives de $e(t)$: lesquelles ?

ii. Remplir le tableau suivant :

cas logique des diodes	lois électriques	signe de $e(t) - 2U_s$	expression de $s(t)$
D_1 et D_3 passantes D_2 et D_4			
D_2 et D_4 passantes D_1 et D_3			

2. Expérience : mettre en œuvre le protocole du montage et noter le problème de masse : d'où l'importance d'utiliser un oscillo à deux voies d'entrées différentielles ou une carte Sysam.

Sans oscilloscope différentiel, on met la masse de Sysam à la masse du GBF et la tension de sortie $s(t)$ du pont est définie dans Latispro, dans la feuille de calculs :

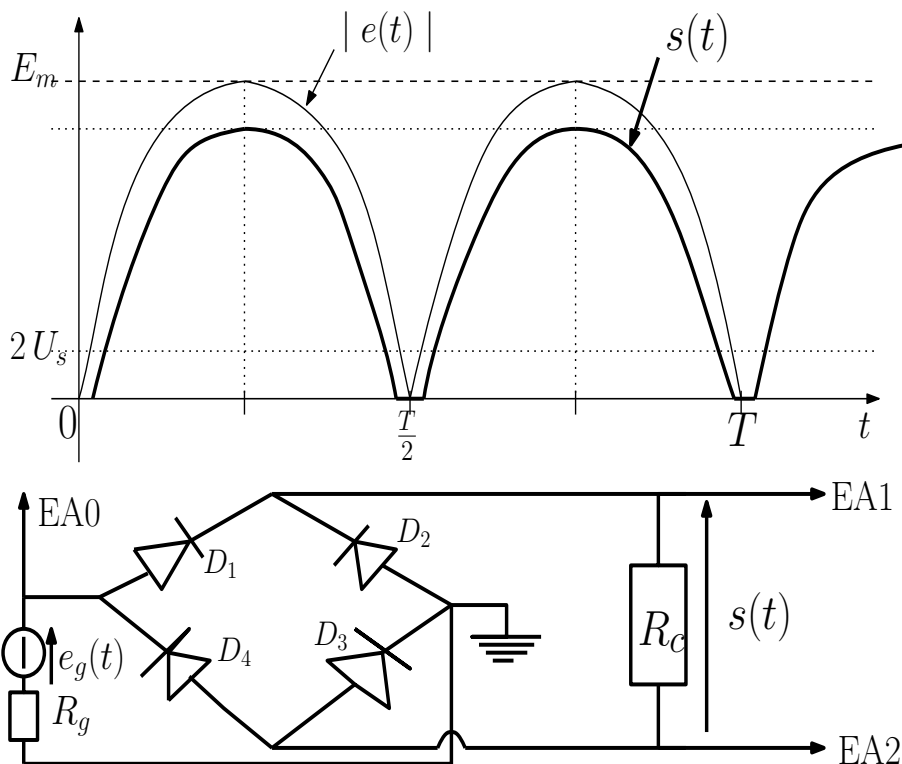


FIGURE 8 – Redressement bi-alternance d'une sinusoïde (corrigé).

Traitements/ Feuille de calculs/

Taper $s = EA1 - EA2$

Faire : **Calcul/ Exécuter**

3. Tracer $s(t)$ à l'oscilloscope différentiel, ou sur l'écran de l'ordinateur.

4. Complément d'analyse théorique : montrer que $S_{eff} = \frac{s}{\sqrt{2}}$ puis le vérifier expérimentalement. Faire un calcul d'incertitudes.

Quel est l'avantage d'un redressement bi-alternance ? Passer en signal d'entrée triangulaire ou en créneaux et commenter le résultat obtenu en sortie.

Le taux d'ondulation est-il supérieur ou inférieur à celui d'une tension redressée mono-alternance ?

5. Tout se passe comme si le seuil U_s était doublé car deux diodes sont toujours en conduction en même temps. Est-ce un gros inconvénient ?
6. La figure 8 donne des tronçons de chronogrammes (théoriques) des tensions d'entrée et de sortie. l'expérience est-elle en accord avec fig. 8 ?

Appeler le professeur et exposer les résultats

IV. Redresseur bi-alternance et filtre RC (conversion de puissance AC/DC) :

1. **Mise en œuvre** : on ajoute une capacité C en parallèle sur la résistance de charge (fig. 6). On adopte :

$$R_c = 300\Omega ; C = 500\text{nF} ; E = 4,5\text{V} ; f = 50\text{Hz} .$$

Observer les chronogrammes expérimentaux.

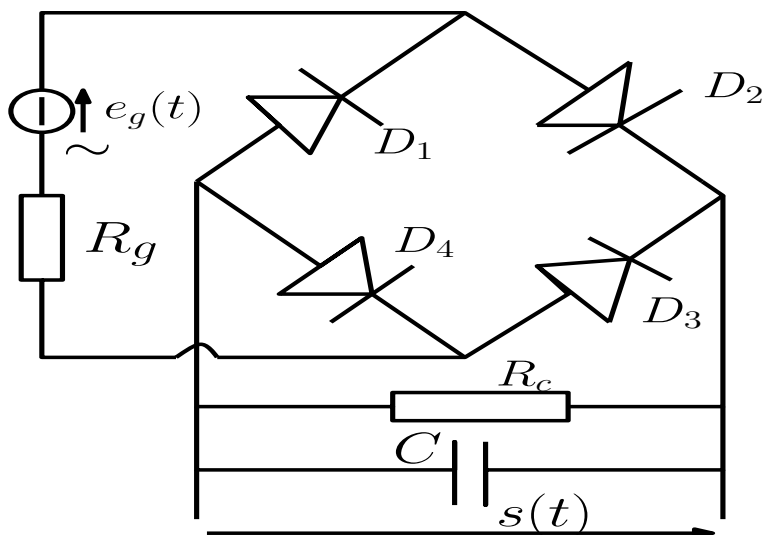


FIGURE 9 – Redressement bi-alternance et filtrage d'une sinusoïde.

2. **Modèle théorique simple de dimensionnement de C** :

Proposer un modèle simple permettant de dimensionner C afin que le taux d'ondulation soit inférieur à $x\%$ (on pourra utiliser une tension en dents de scie conformément à fig. 10).

3. **Synthèse expérience/théorie** : Identifier et compléter éventuellement les chronogrammes muets de la figure 11.
4. Déterminer la plage de fréquences où la tension de sortie est quasi continue, de taux d'ondulation δ_{ond} très faible. Comment réduire ce taux ? La conversion AC/DC opérée par ce montage est-elle de qualité ?

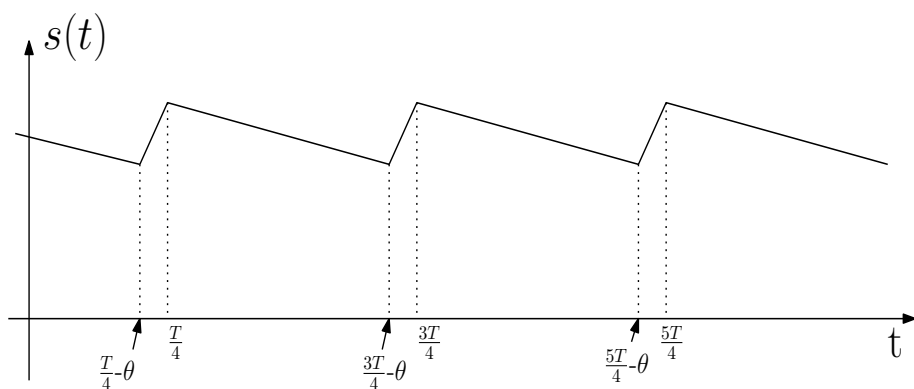


FIGURE 10 – Modélisation de la tension obtenue par redressement bi-alternance et filtrage.

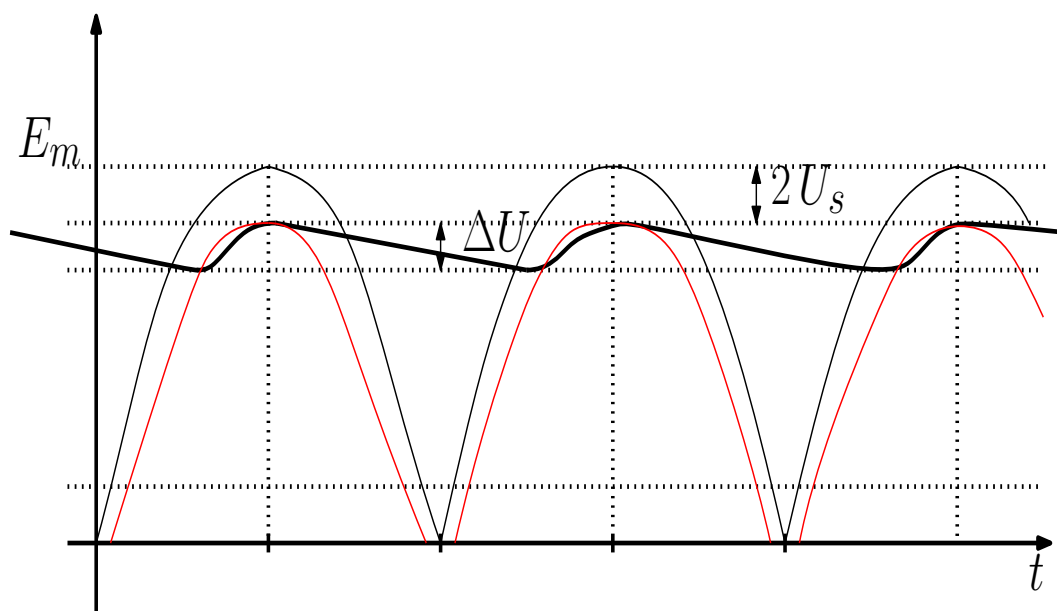


FIGURE 11 – Redressement bi-alternance et filtrage d'une sinusoïde.