

APP2

Oscillateurs Sinusoïdaux

Maxime Besacier – Sylvain Toru
E2i4 – S7
2021-2022

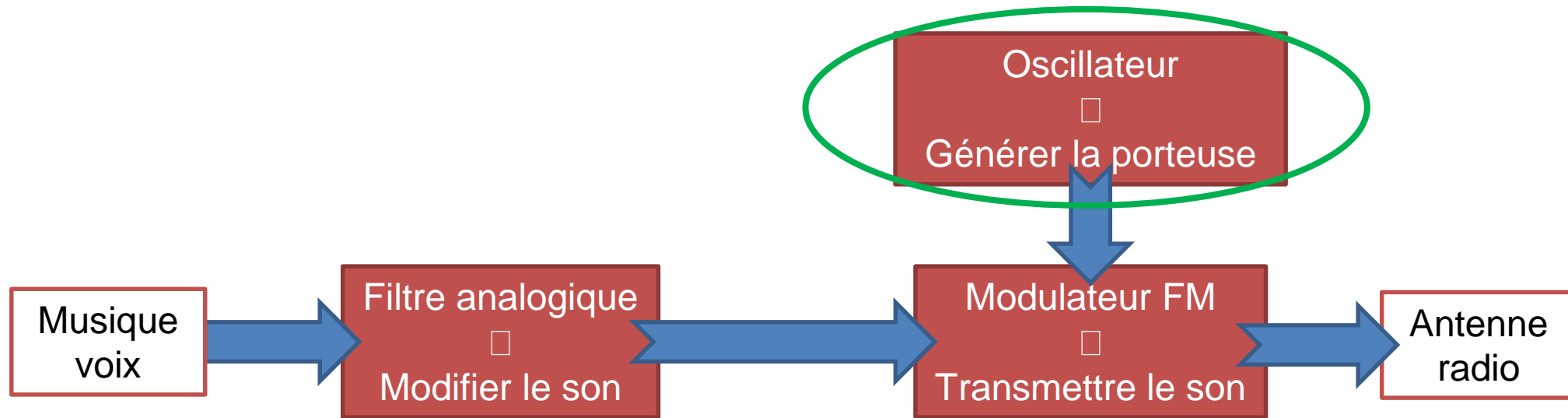


Au programme aujourd'hui

- Objectifs
- Principe général : Comment se déclenche une oscillation ??
- L'importance de la distorsion
- Différentes structures d'oscillateurs

Objectifs de l'APP1

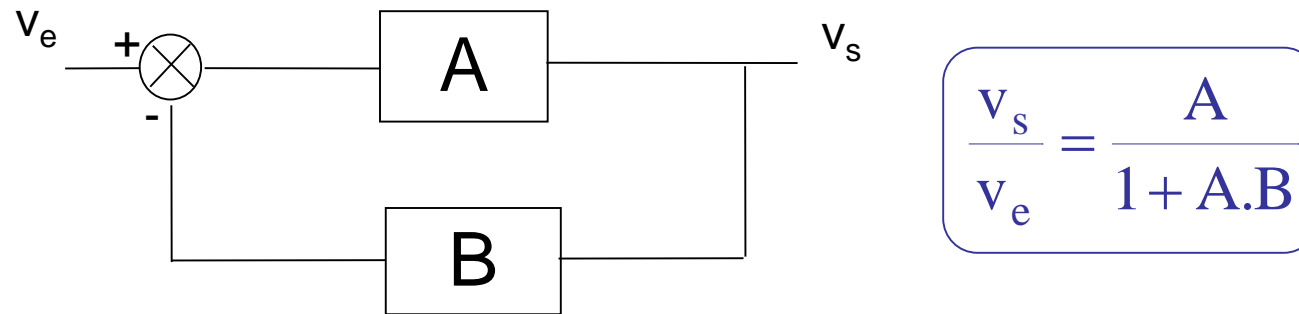
- Objectif global : construire un émetteur FM pour votre radio pirate



- Objectif de l'APP2 (**4 séances + évaluation**) : réaliser un oscillateur qui permettra de générer la porteuse nécessaire à la transmission de l'information.

Les oscillateurs

- Le principe général
 - Système contre réactionné



Oscillation: A une tension d'entrée nulle, on obtient en sortie une tension non nulle dont les caractéristiques dépendent des paramètres du système.

$$\frac{v_s}{v_e} = \infty \quad \Rightarrow \quad 1 + A.B = 0 \Rightarrow \mathbf{A.B = -1}$$

Les oscillateurs

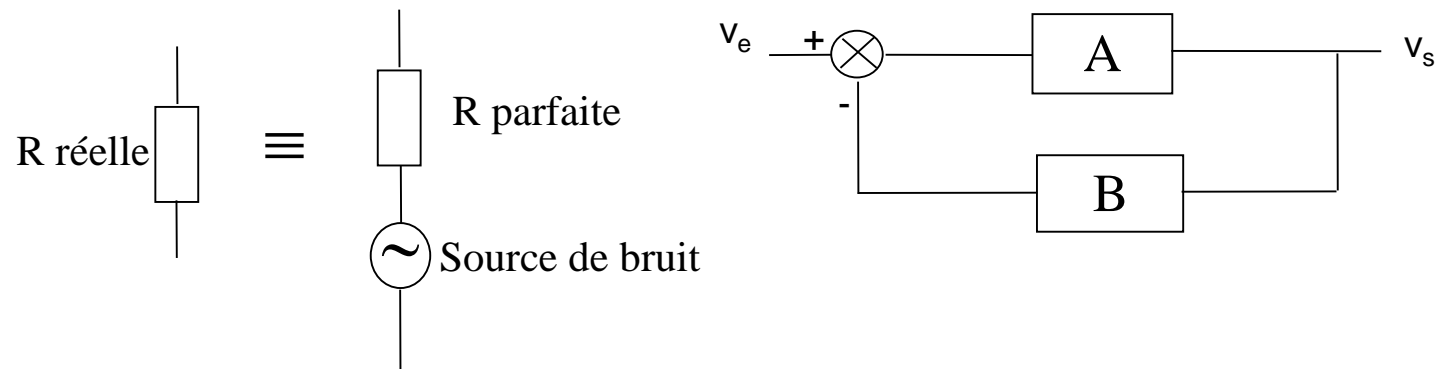
- Le principe général : Les conditions limites de Barkhausen
 - $A(p)$ et $B(p)$ sont les fonctions de transfert des systèmes direct et de retour

$$A(p).B(p) = -1 \longrightarrow \begin{cases} |A(p).B(p)| = 1 \\ \text{Arg}[A(p)] + \text{Arg}[B(p)] = (2k+1).\pi \end{cases}$$

Les oscillateurs

- Le principe général
 - Origine de la tension de démarrage.

Liée à la notion de *bruit* dans les résistances: *Bruit blanc* (signal électrique possédant toutes les fréquences du spectre $> 1000\text{GHz}$).



Les oscillateurs

- Le principe général:

Lors de la mise sous tension, les tensions de bruit générées par les résistances vont être amplifiées par l'amplificateur. Ce bruit contient **toutes les fréquences** dont la pulsation ω_0 à laquelle on veut faire osciller le montage. Via la contre réaction, ce signal va être réinjecté en entrée et l'oscillation peut démarrer.

- Si à ω_0 $|A(j\omega_0)| \cdot |B(j\omega_0)| < 1$, le signal tend à s'atténuer à chaque passage dans la boucle. Le bruit va s'atténuer
- Si à ω_0 $|A(j\omega_0)| \cdot |B(j\omega_0)| > 1$, à chaque passage dans la boucle le bruit à ω_0 va s'amplifier. Un signal divergent à la pulsation ω_0 va apparaître en sortie
- Si à ω_0 $A(j\omega_0) \cdot B(j\omega_0) = -1$, le système sera à la limite de l'instabilité et une oscillation pourra démarrer.

Les oscillateurs

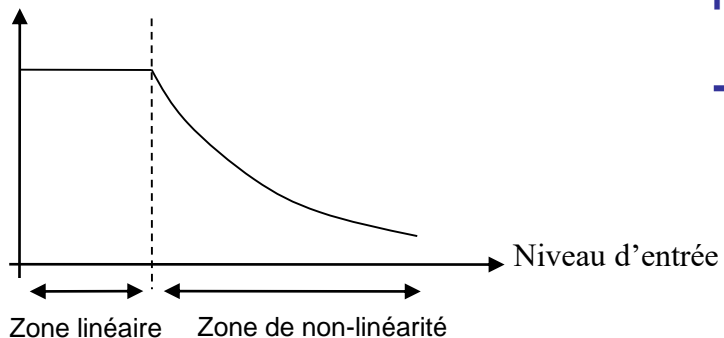
- Principe de la distorsion: Approximation du 1^{er} harmonique

- Soit le signal d'entrée $v_e(t) = V_e \cdot \cos(\omega_0 \cdot t)$. Si V_e est « de faible valeur » (*système linéaire*), alors $v_s(t) = V_s \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi)$.
- Le gain $A = \frac{V_s}{V_e}$
- En cas de distorsion, $v_s(t) = V_1 \cdot \cos(\omega_0 \cdot t) + V_2 \cdot \cos(2 \cdot \omega_0 \cdot t) + V_3 \cdot \cos(3 \cdot \omega_0 \cdot t) + \dots$
- On définit le gain du 1^{er} harmonique $A_1 = \frac{V_1}{V_e}$
- Lorsque le niveau du signal d'entrée augmente, le signal de sortie se rapproche de plus en plus d'un signal carré dont l'amplitude V_1 du 1^{er} harmonique n'augmente plus. Le gain du 1^{er} harmonique diminue donc.

Les oscillateurs

- Principe de la distorsion: Approximation au 1^{er} harmonique
- Conditions initiales: $|A_1(j\omega_0)| \cdot |B(j\omega_0)| > 1$
- Tant que l'amplitude du signal à ω_0 est petite, on a une amplification linéaire et l'amplitude du signal de sortie augmente. Au bout d'un moment, le système sature et il y a distorsion, donc des signaux à $2.\omega_0$, $3.\omega_0$, etc... Apparaissent. Donc A_1 diminue et $|A_1(j\omega_0)| \cdot |B(j\omega_0)| < 1$.
- Si l'amplitude du signal d'entrée diminue on retourne « vers » le régime linéaire le gain équivalent au 1^{er} harmonique augmente. $|A_1(j\omega_0)| \cdot |B(j\omega_0)| > 1$

Gain du 1^{er} harmonique



$$|A_1(j\omega_0)| \cdot |B(j\omega_0)| = 1$$

→ **Système stable dans son oscillation**

Les non-linéarités

- Paramètres de caractérisation

- La distorsion harmonique:

$$HD = \frac{V_i}{V_1} \quad i \geq 2$$

- La distorsion harmonique totale

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_s}$$

Avec $V_s^2 = V_1^2 + V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 \dots$

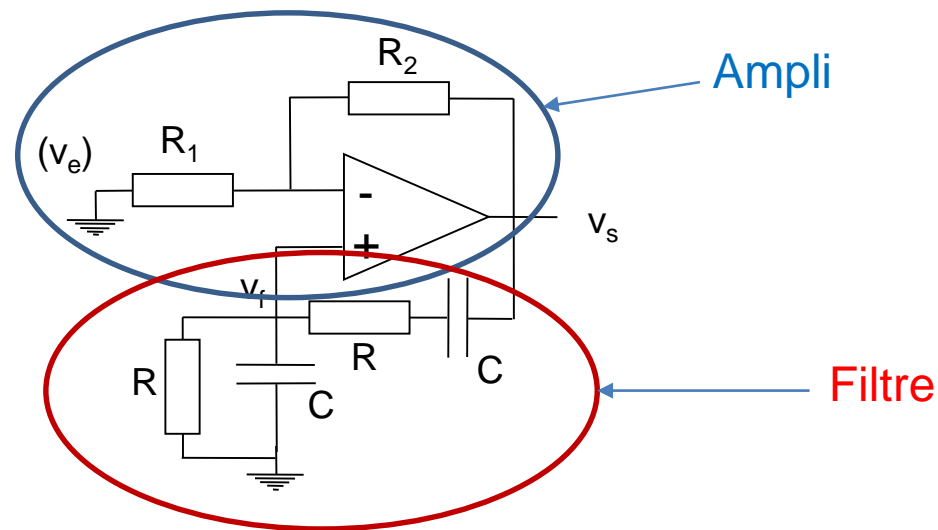
la valeur efficace du signal (*théorème de Parseval*)

Les oscillateurs

- Contrôle de l'amplitude du signal de sortie
 - La qualité spectrale d'un oscillateur dépend du niveau de non linéarité.
 - Naturellement, les non linéarités apparaissent lorsque l'amplificateur de l'oscillateur atteint son niveau de saturation. L'amplitude des oscillations est donc « imposée ».
 - Afin de contrôler la qualité spectrale et l'amplitude des oscillations, on utilise des systèmes de contrôle de gain:
 - Thermistance
 - JFET en zone ohmique
 - L'objectif est de faire diminuer la valeur du gain lorsque la tension de sortie de l'ampli augmente.

Les oscillateurs

- Contrôle de l'amplitude du signal de sortie
 - Ex: Le pont de Wien: oscillateur basses fréquences



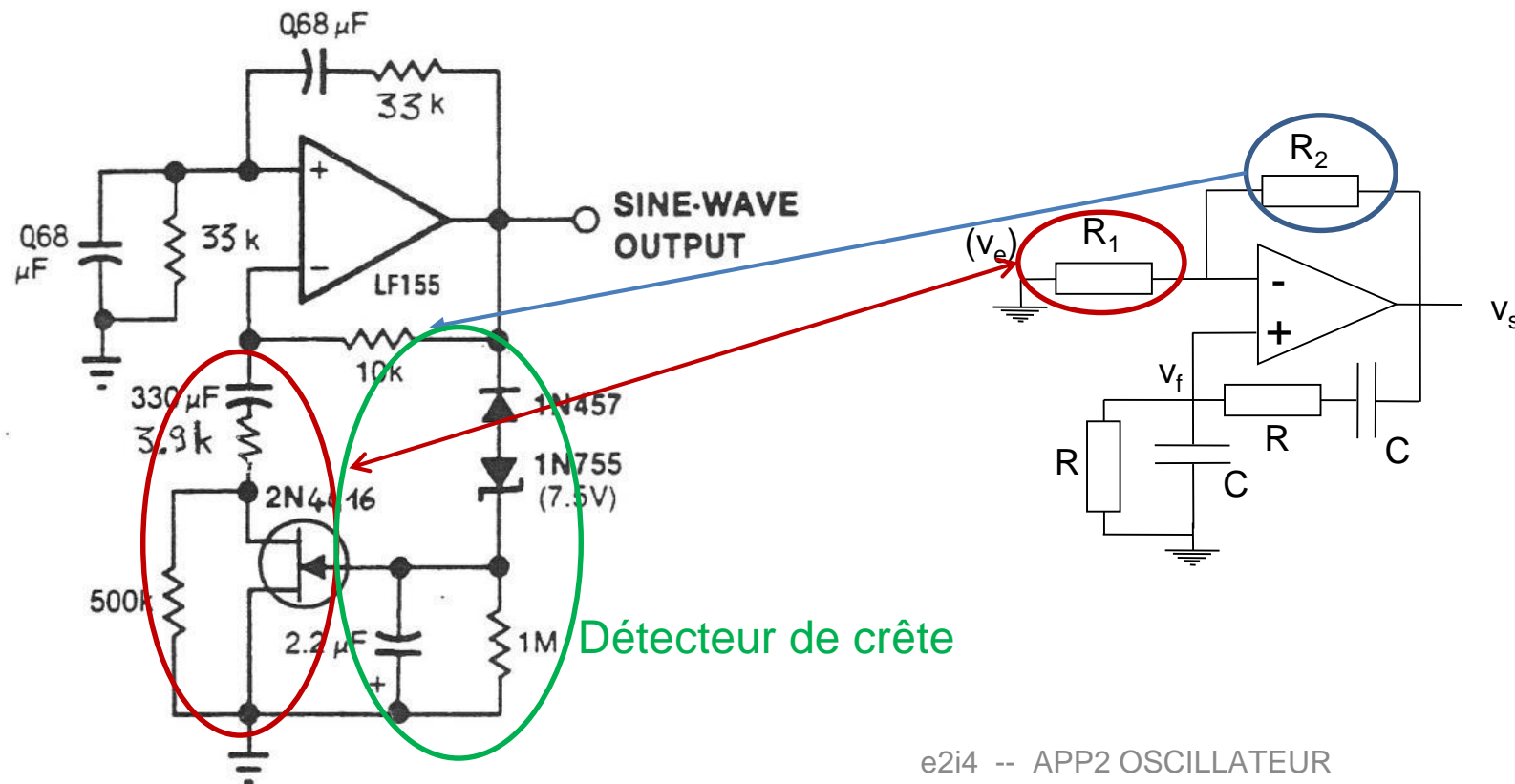
Condition de stabilité des oscillations :

- **Fréquence** : $\frac{1}{2\pi R.C}$

- **Gain**: $R_2 = 2.R_1$

Les oscillateurs

- Le pont de Wien: illustration du JFET en zone ohmique



$$R_1 = 3,9k + (500k \parallel R_{DS})$$

Qd $V_s \nearrow$ $|V_{GS}| \nearrow$ (V_{GS} négative)

Donc $R_{DS} \nearrow$ et $R_1 \nearrow$

Finalement $\frac{R_2}{R_1} \searrow$ jusqu'à $\frac{R_2}{R_1} = 2$

Les oscillateurs

- Les oscillateurs à réseau

A: Amplificateur

B: Sélection de fréquence (filtre, résonateur, Quartz, etc...)

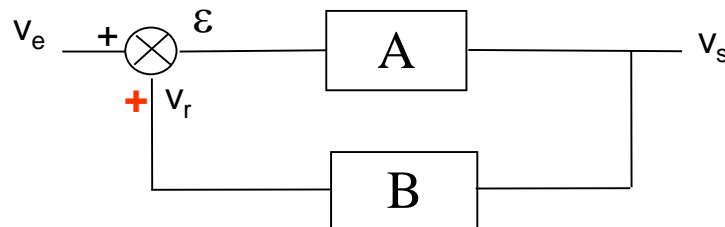
IMPERATIF: Respecter les conditions de Barkhausen

$$|A(p).B(p)| = 1$$

$$\text{Arg}[A(p)] + \text{Arg}[B(p)] = (2k+1).\pi$$

Les oscillateurs

- Les oscillateurs à réseau
- Remarque :
 - Possible rebouclage direct du réseau de réaction sur l'entrée de l'ampli.
Adaptation de la représentation en schéma bloc:



$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{A}{1-AB}$$

Conditions d'oscillation: $A(p) \cdot B(p) = 1$



$$\begin{cases} |A(p) \cdot B(p)| = 1 \\ \text{Arg}[A(p)] + \text{Arg}[B(p)] = 2k\pi \end{cases}$$

Les oscillateurs

- Les contraintes de l'APP
 - L'oscillateur doit être **sinusoïdal et analogique**
 - Un **transistor 2n2222** est imposé pour réaliser l'oscillateur

Le planning de la séance

Durée	Tâches à réaliser durant la séance
1h	COURS D'INTRODUCTION SUR LES OSCILLATEURS SINUSOÏDAUX
2h	<p style="text-align: center;">TRAVAIL PERSONNEL</p> <p style="text-align: center;">Objectif : Comprendre et approfondir le fonctionnement d'un oscillateur.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lecture des documentations techniques fournies par les tuteurs - Recherche sur internet - Choix de deux structures répondant au cahier des charges - 1^{er} livrable : Etablir une liste de question, que vous remettrez à votre tuteur au fil de l'eau <p><u>NB</u> : Attention à ne pas lire tous les documents de manière exhaustive, vous n'en auriez pas le temps</p>
1h	<p style="text-align: center;">PROMO ENTIERE</p> <p style="text-align: center;">Cours de restructuration</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tri des questions et réponses détaillées - Phase de discussion, s'assurer que tout le monde a bien compris.