

APP1

Synthèse de filtres analogiques

Maxime Besacier - Sylvain Toru
E2i4 – S7
2021-2022

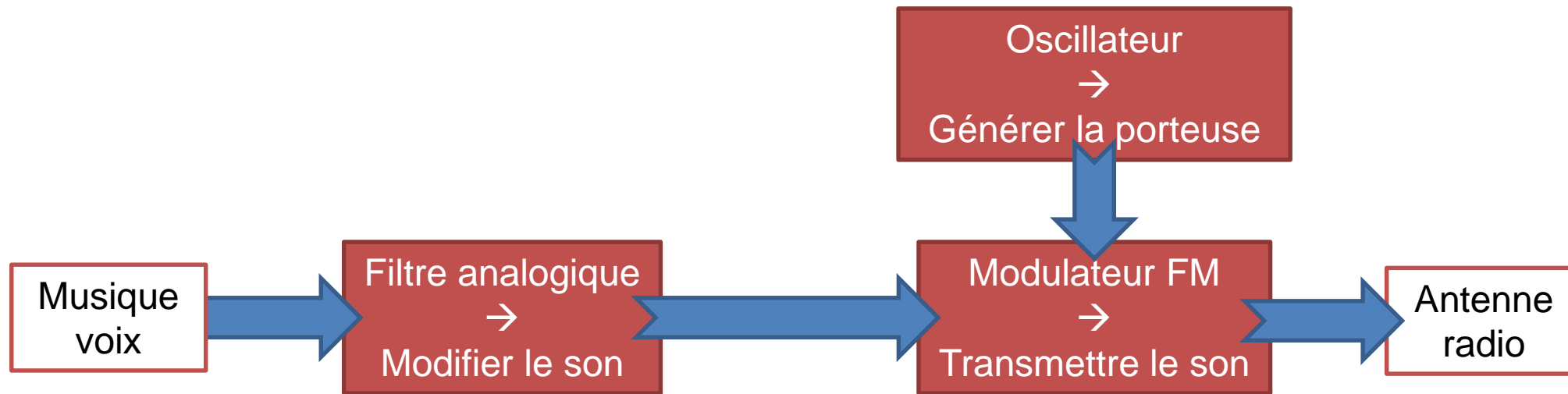


Au programme aujourd'hui

- Objectifs
- Qu'est-ce que le filtrage ?
- Les différents types de filtres
- Structures classiques de filtres analogiques
- Synthèse d'un filtre analogique
- Les capacités commutées

Objectifs de l'APP1

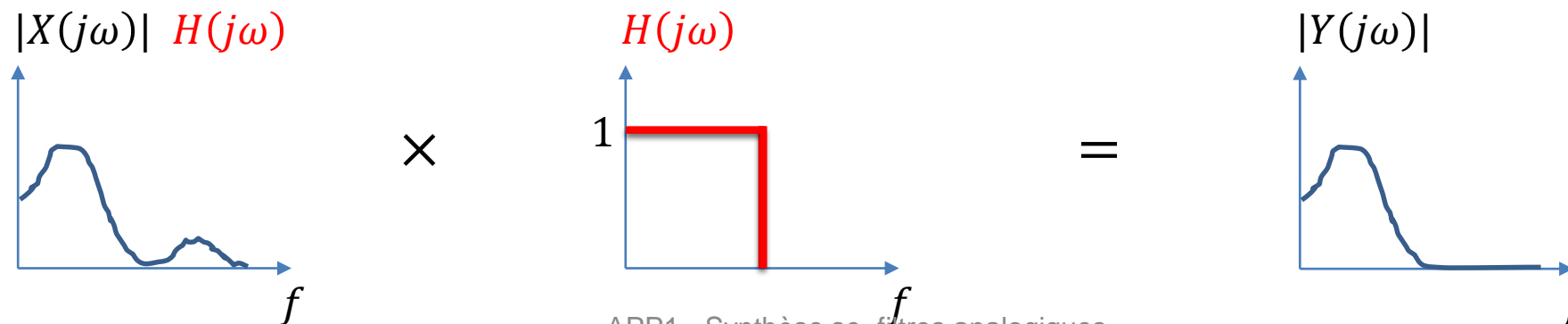
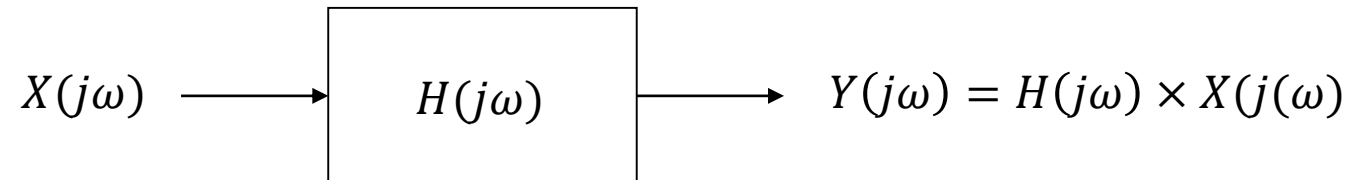
- Objectif global : construire un émetteur FM pour votre radio pirate



- Objectif de l'APP1 (**3 séances + évaluation**) : réaliser un filtre qui vous servira à appliquer des effets sonores sur le son que vous enverrez à vos auditeurs

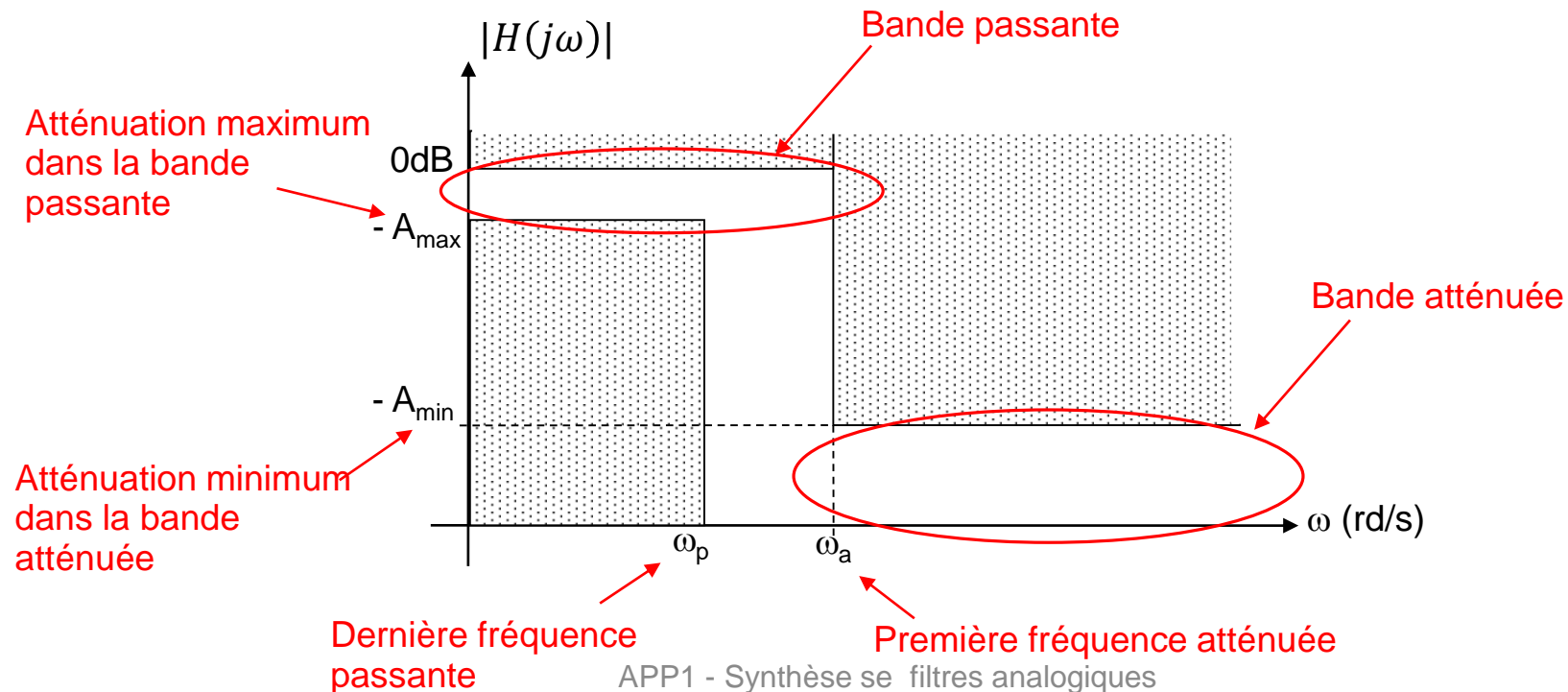
Qu'est-ce que le filtrage ?

- Le filtrage sert à séparer des signaux utiles des signaux indésirables, **si ceux-ci ne sont pas aux mêmes fréquences.**
- Quelques exemples
 - Améliorer le SNR d'un signal en enlevant le bruit électronique
 - Filtre de boucle d'un asservissement (ex: APP3 – PLL)
 - Eviter le repliement de spectre (Anti aliasing) pour des systèmes numériques
 - Récupération d'une composante spectrale particulière :



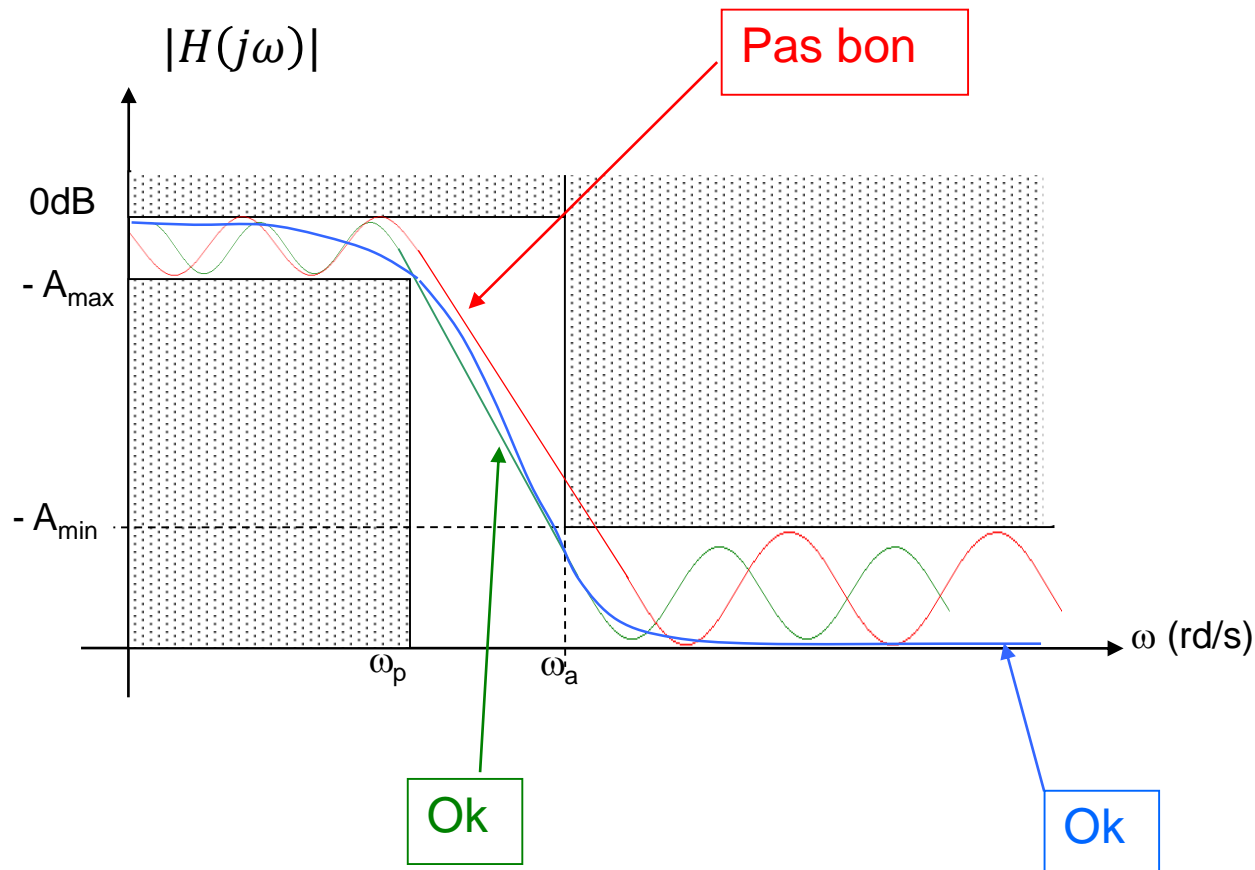
Qu'est-ce que le filtrage ?

- En pratique, un filtre idéal ($H(j\omega) = 1$) n'est pas réalisable car non causal.
- On cherchera donc à réaliser des filtres s'en rapprochant le plus possible, c'est-à-dire ne modifiant ni l'amplitude, ni la phase du signal utile.
- Les cahiers des charges pour la réalisation de filtres s'expriment donc souvent sous la forme d'un gabarit :



Qu'est-ce que le filtrage ?

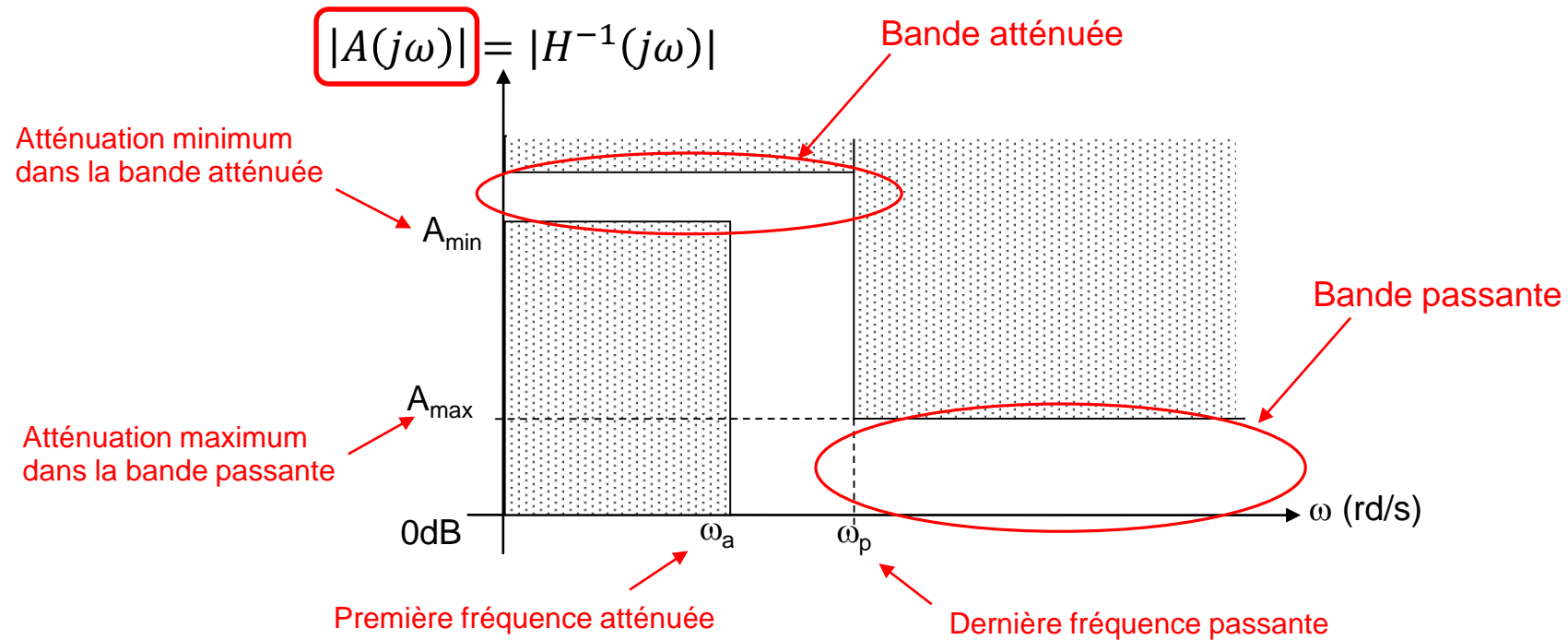
- Exemple d'utilisation d'un gabarit avec un filtre passe bas :



- Pour un filtre passe bas, on définit la **sélectivité** $k = \frac{\omega_p}{\omega_a}$
- Pour un filtre idéal $k = 1$
- Plus k se rapproche de 1, plus le filtre est sélectif : la bande de transition $[\omega_p \ \omega_a]$ est alors petite

Qu'est-ce que le filtrage ?

- En pratique, on utilise aussi souvent des gabarits précisant l'atténuation et non le gain.
- Pour un **passé haut** cela donne :

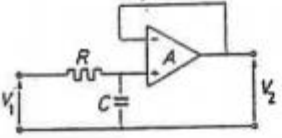
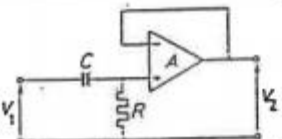
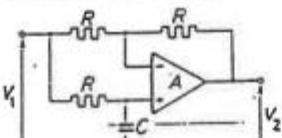


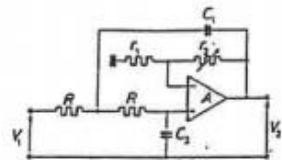
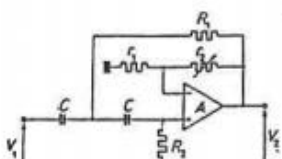
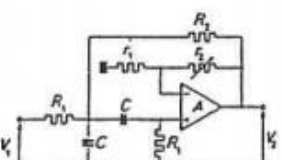
Les différents types de filtres

	Type	Composants	Spécificités
analogique	Filtres passifs	Composants discrets L,C et piezo-électriques	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence élevée, • pas d'alimentation, • non intégrables.
	Filtres actifs standards	Ampli op, composants R, C discrets ou intégrés	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence < à qqes MHz, • Besoin d'alimentation • Tension de sortie faible (<15V) • Intégrable
	Filtres à capacités commutées	Ampli op, Composants R,C intégrés, interrupteurs MOS.	<ul style="list-style-type: none"> • Fréquence < à qqes MHz, • Besoin d'alimentation • Tension de sortie faible (<15V) • Fréquence programmable
numérique	Filtres numériques	Circuits logiques intégrés	<ul style="list-style-type: none"> • Signaux numérisés • $f < 100\text{MHz}$ • convient en grande série • entièrement programmable

Structures de filtres analogiques

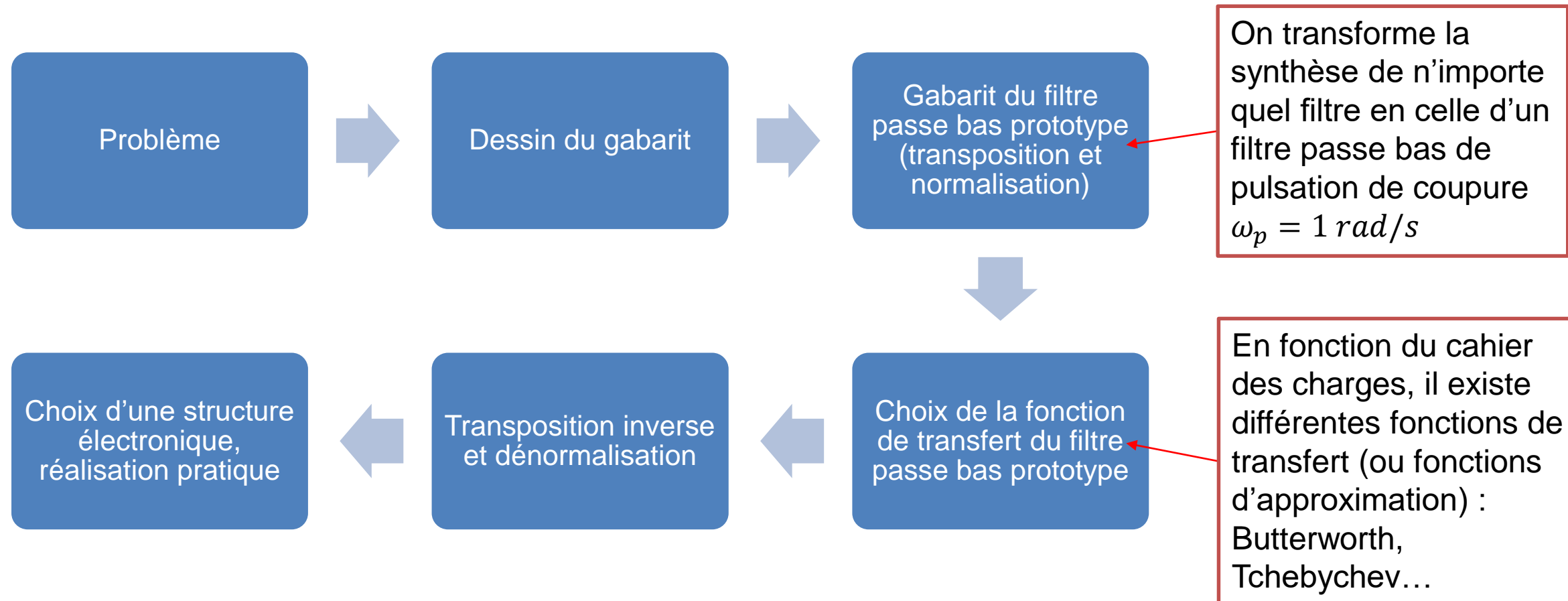
- On trouve dans la littérature différentes structures électroniques pour réaliser des filtres. Par exemple, pour des filtres actifs, la structure de Sallen-Key est très utilisée :

Schéma de la cellule $(n + 1)/2$	Fonction de transfert	Paramètres
 <p>⊗ passe-bas</p>	$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{RCp + 1}$	$RC\omega_0 = 1$
 <p>⊗ passe-haut</p>	$\frac{V_2}{V_1} = \frac{RCp}{RCp + 1}$	$RC\omega_0 = 1$
 <p>⊗ passe-tout</p>	$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1 - RCp}{1 + RCp}$	$RC\omega_0 = 1$

Schémas	Fonction de transfert	Paramètres
 <p>⊗ passe-bas</p>	$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1 + \alpha}{R^2 C_1 C_2 p^2 + Rp(2C_2 - \alpha C_1) + 1}$	$R^2 C_1 C_2 \omega_0^2 = 1$ $\alpha = \frac{r_2}{r_1}$ $Q = \frac{\sqrt{C_1 C_2}}{2C_2 - \alpha C_1}$ Si $r_2 = \alpha = 0$: $C_1 = 4Q^2 C_2$
 <p>⊗ passe-haut</p>	$\frac{V_2}{V_1} = \frac{R_1 R_2 C_1^2 (1 + \alpha p^2)}{R_1 R_2 C^2 p^2 + Cp(2R_1 - \alpha R_2) + 1}$	$R_1 R_2 C^2 \omega_0^2 = 1$ $\alpha = \frac{r_2}{r_1}$ $Q = \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{2R_1 - \alpha R_2}$ Si $r_2 = \alpha = 0$: $R_1 = R_2/4Q^2$
 <p>⊗ passe-bande</p>	$\frac{V_2}{V_1} = \frac{(1 + \alpha) R_2 Cp}{R_1 R_2 C^2 p^2 + Cp(3R_2 - \alpha R_1) + 1 + \frac{R_2}{R_1}}$	$R_1 R_2 C^2 \omega_0^2 = 1 + \frac{R_2}{R_1}$ $\alpha = \frac{r_2}{r_1}$ $Q = \frac{\sqrt{R_2 (R_1 + R_2)}}{3R_2 - \alpha R_1}$ Si $r_2 = \alpha = 0$: $R_1 = (9Q^2 - 1)R_2$

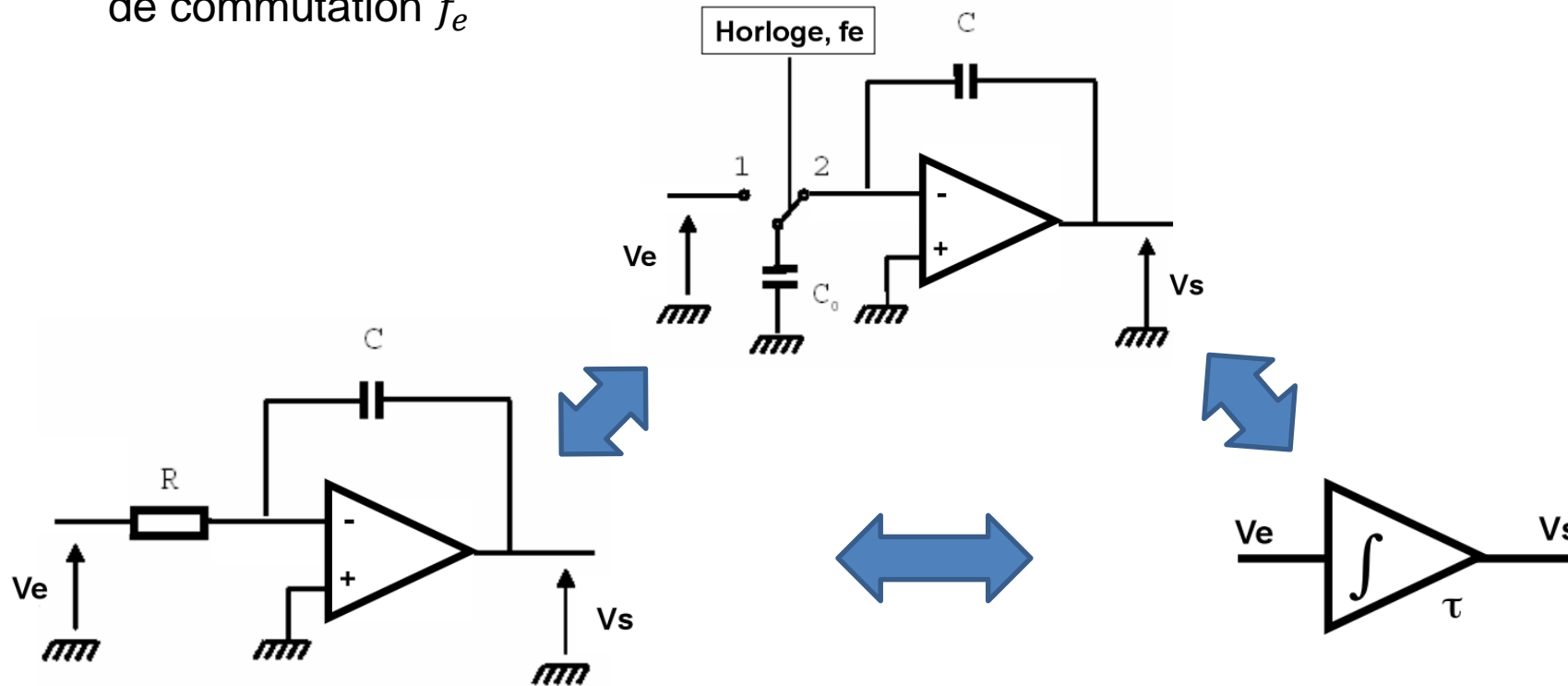
Synthèse d'un filtre analogique

- Pour réaliser la synthèse complète d'un filtre analogique, il faut suivre la démarche suivante de manière quasi systématique et on arrivera à un résultat respectant le cahier des charges :



Les capacités commutées

- Une fois la fonction de transfert d'un filtre calculée, l'utilisateur peut avoir envie de changer la fréquence caractéristique de ce filtre (la fréquence centrale d'un filtre passe bande par exemple)
- Cela est rendu possible par des filtres à « capacités commutées », simplement en changeant la fréquence de commutation f_e

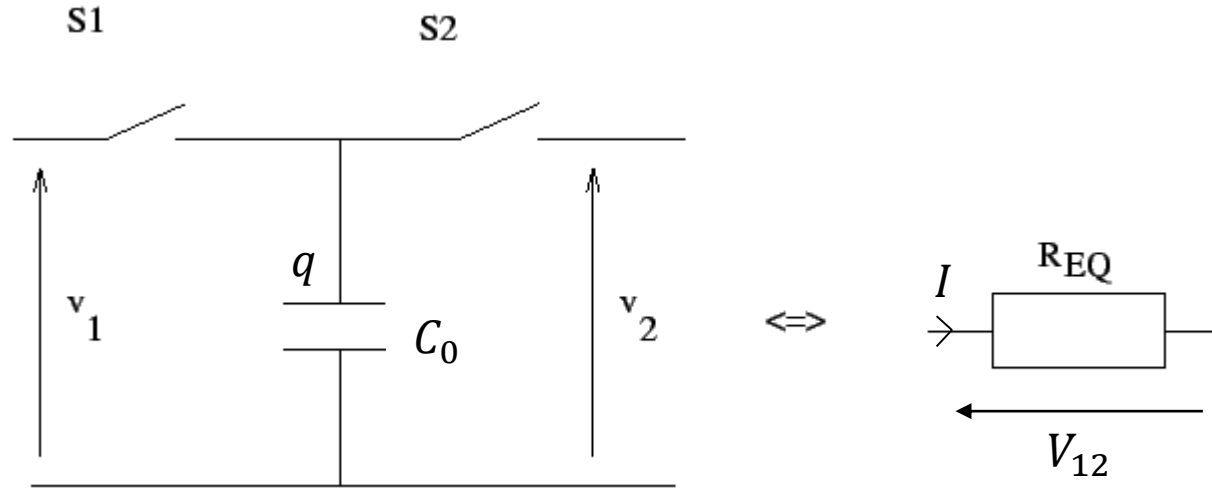


$$H(j\omega) = -\frac{1}{j\tau\omega}$$

$$\tau = RC$$

$$\tau = R_{eq}C = \frac{C}{C_0 f_e}$$

Les capacités commutées



- Démonstration :
 - Pendant la première moitié de période $\frac{T}{2}$, S1 est fermé et $q_1 = C_0 \times v_1$ et pendant l'autre moitié de la période, c'est S2 qui est fermé et $q_2 = C_0 \times v_2$
 - Le transfert de charge sur une période est donc $\Delta q = q_1 - q_2 = C_0 \times (v_1 - v_2)$
 - En moyenne on a donc $I = \frac{\Delta q}{T} = \frac{C_0 V_{12}}{T} = C_0 f_e V_{12}$
 - D'où $R_{eq} = \frac{1}{C_0 f_e}$

Le planning de la séance

Durée	Tâches à réaliser durant la séance
1h	COURS de cadrage de l'APP et D'INTRODUCTION SUR LE FILTRAGE ET LES CAPACITES COMMUTEES
15min	<p>TRAVAIL EN GROUPE</p> <p>Objectif : démarrage du projet, attribution des rôles</p> <ul style="list-style-type: none"> - Organiser le groupe : Attribution des tâches (animateur, secrétaire, etc...) <p>Les tâches sont déterminantes pour le déroulement du projet (à ne pas prendre à la légère).</p> <ul style="list-style-type: none"> - Clarifier la tâche : Comprendre l'objectif et le fonctionnement d'une APP. Comprendre la problématique technique
1h30	<p>TRAVAIL PERSONNEL</p> <p>Objectif : Trouver la structure du filtre que vous allez utiliser</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lecture des documentations techniques fournies par les tuteurs - Recherche sur internet - Comment allez-vous utiliser le MF10 pour répondre au cahier des charges ? - Quelle est la méthode pour passer du gabarit proposé à une fonction de transfert ? - Comment prévoyez-vous le réglage de la fréquence centrale et du facteur de qualité ? <p><u>NB</u> : Attention à ne pas lire tous les documents de manière exhaustive, vous n'en auriez pas le temps</p>
1h15	<p>TRAVAIL EN GROUPE</p> <p>Objectif : Bilan de l'étude bibliographique, mise en commun</p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire le bilan des lectures et discuter autour des points à éclaircir - Converger vers une proposition de solution d'une structure de filtre répondant au cahier des charges et commencer à réfléchir au calcul de la fonction de transfert à réaliser - Bilan de groupe de la première séance - 1^{er} livrable : Présentation courte aux tuteurs (1 slide, 5') de votre solution retenue. - 2nd livrable : Faire la liste des questions en suspens (1 slide) et la remettre aux tuteurs