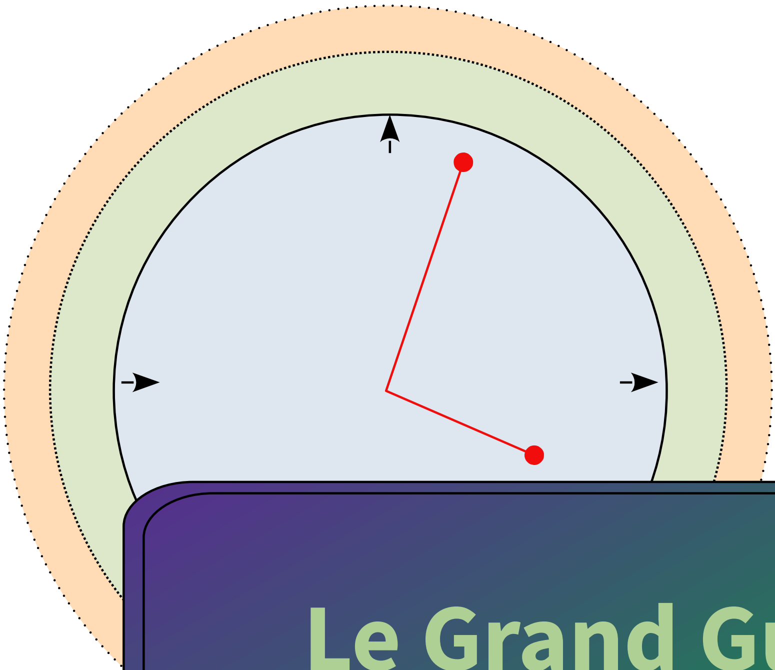
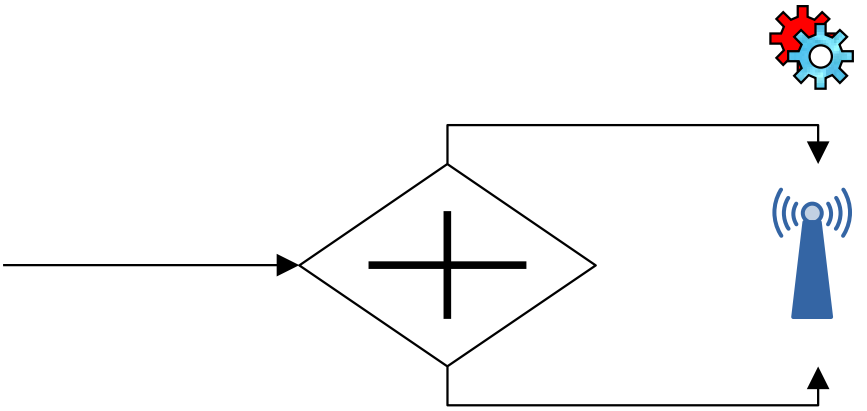
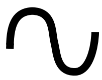
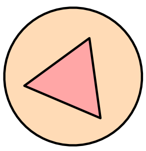


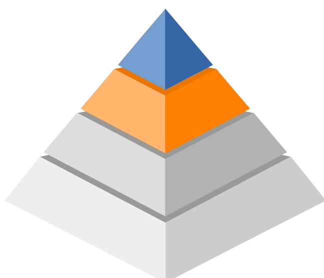
Le Grand Guide de l'Ingénieur

Théo-Félix Adam









HAENDEL ENERGIES

Sommaire

AUTOMATIQUE

Table des matières

I. AUTOMATIQUE LINÉAIRE

A) Vocabulaire

Automatique :

L'automatique est la discipline scientifique qui étudie les systèmes dynamiques, les signaux et l'information, à des fins de conduite ou de prise de décision. Elle comprend un ensemble d'outils et de méthodes permettant de modéliser les systèmes bouclés pour les asservir ou les réguler. Cette discipline intervient généralement lorsque toutes les situations ne sont pas prévisibles.

Cf : https://www.numlor.fr/elearning/auto/co/12examplesSA.html
https://sii-tannarelli.com/contenus_opale/

Système, processus :

Assemblage ou combinaison de parties ou composants liés les uns aux autres et coordonnées de façon à former un ensemble pouvant réaliser une ou plusieurs fonctions. Il doit être commandable et observable ppour pouvoir être asservi ou régulé. Il se schématise souvent sous forme de synoptique, de schéma fonctionnel ou de schéma bloc.

Schéma fonctionnel :

Ensemble de bloc fonction et sommateur permettant de visualiser graphiquement l'agencement des différents processus réalisant le système global. Chaque bloc est généralement identifié par un nom (ou groupe de mots) significatif de son fonctionnement.

Schéma bloc :

Le schéma bloc est le même que le schéma fonctionnel, dans lequel on fait apparaître le **modèle linéaire mathématique** de chaque fonction, plutôt qu'une simple description. Il peut alors être réduit au maximum, afin de ne faire apparaître que la fonction de transfert complète du système en entier. Les simplifications mathématiques (ou expansion) permettent alors de se ramener à des schémas bloc classique ou connus.

Commandable :

Une fonction de commande est ajoutée au processus (si besoin) pour qu'il devienne commandable électriquement. Les signaux de commande ont généralement une plage de variation de 0 à 10 V, −10 V à 10 V, 0 à 5 V ou 4 mA à 20 mA. Ce signal de commande est souvent appelé **consigne** lorsqu'il est appliqué au système bouclé.

Observable :

Un capteur est ajouté au processus pour pouvoir quantifier électriquement sa grandeur de sortie. La plage de sortie du processus doit être plus petite que la plage mesurable par le capteur. La sotie du capteur est normalement du même type que le signal de consigne, il varie dans la même plage que la consigne. Le signal issu du capteur est souvent appelé **mesure**.

Système bouclé :

La méthode classique permettant d'asservir ou de réguler le système est de comparer la consigne et la mesure. Le résultat de cette différence (comparaison) est alors appliqué à un régulateur ou un correcteur qui se charge de commander le système en fonction de cette différence. Le nouveau système ainsi obtenu forme alors une boucle. Cette boucle est facile à représenter sous forme de schéma bloc.

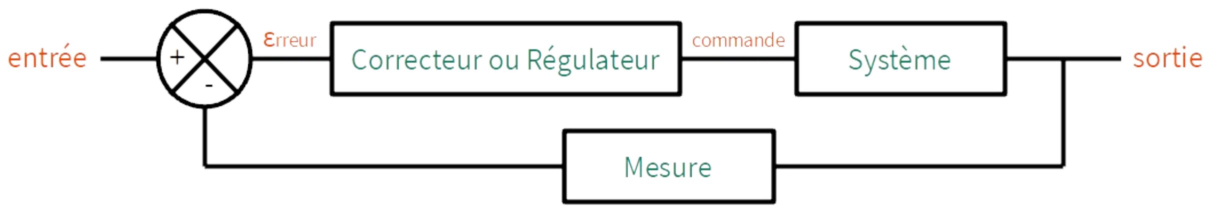


FIGURE 1: SCHÉMA D'UN SYSTÈME BOUCLÉ

Asservissement :

Le système bouclé fonctionne en mode poursuite, l'entrée varie fréquemment (asservissement de position d'un bras de robot de direction assistée d'un véhicule).

Régulation :

La consigne reste constante, la boucle cherche a maintenir la sortie constante et égale à la consigne, malgré des perturbations (régulateur de tension).

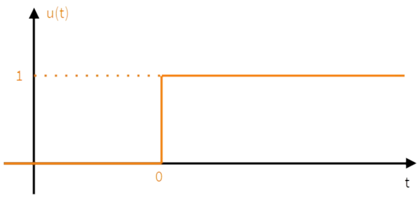
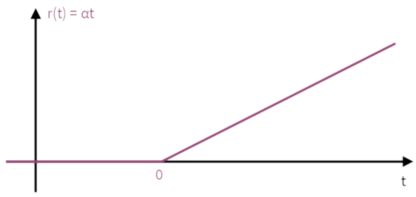
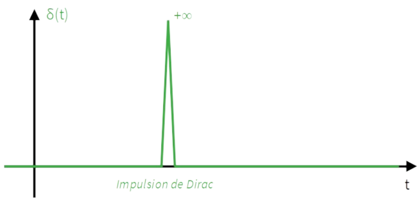
Perturbation :

Signaux ou informations considérées comme entrées parasites que l'**on ne peut pas prévoir**, incontournables, que **le système doit subir**. Si ce signal est de même type qu'un signal présent dans le schéma, il est généralement appliqué sur l'entrée d'un sommateur (soustracteur).

B) Étude Des Systèmes Bouclés

Afin de pouvoir étudier, comparer, améliorer les systèmes bouclés, il faut définir des commandes usuelles qui permettront de mesurer et comparer les sorties et définir les objectifs.

Signaux de commande (tests) usuels :

Temps	Laplace	Pulsation
Échelon :  	$U(p) = 1 / p$	$U(j\omega) = 1 / (j\omega)$
Rampe :  	$R(p) = \alpha / p^2$	$R(j\omega) = \alpha / (j\omega)^2 = - \alpha / \omega$
Impulsion :  	**1**	

Avec $p = j\omega$

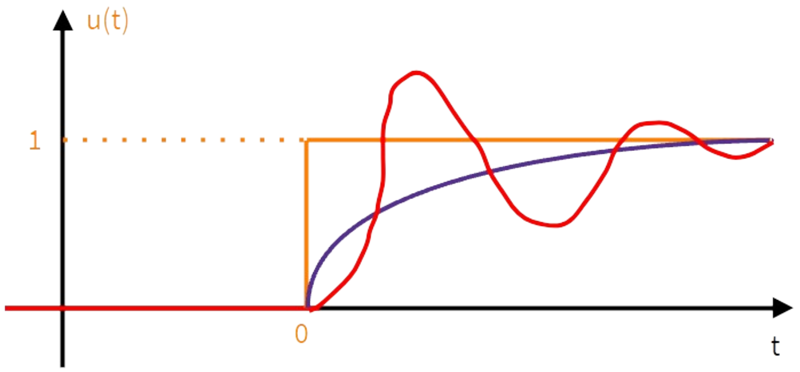
L'impulsion δ(t) est nommée impulsion de Dirac.

Objectif de l'automatique :

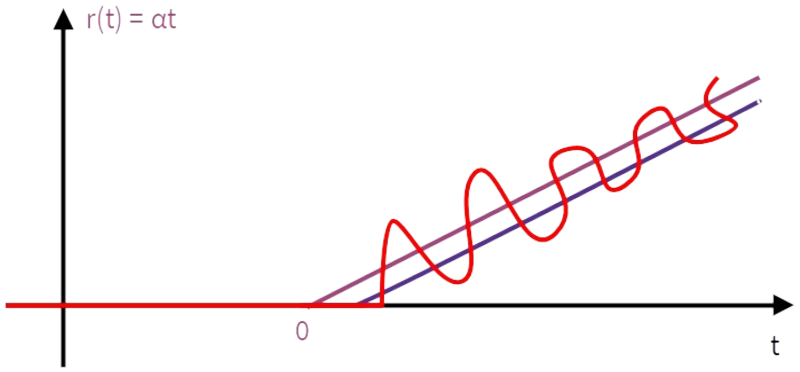
Les signaux précédents permettent de mesurer les résultats obtenus en termes de **rapidité**, de **précision** et de **stabilité**. Ces trois critères sont aussi utilisés pour définir le cahier des charges de l'asservissement (ou régulation). La **précision** sera définie par l'**erreur** en régime établit, la **rapidité** par la mesure du temps de monter et de réponse et la **stabilité**, par la valeur du dépassement (ou distance entre modèle et point d'oscillation).

Les signaux résultant sont appelés réponse à un échelon (réponse indicielle si la hauteur de l'échelon est 1), réponse à une rampe et réponse impulsionnelle.

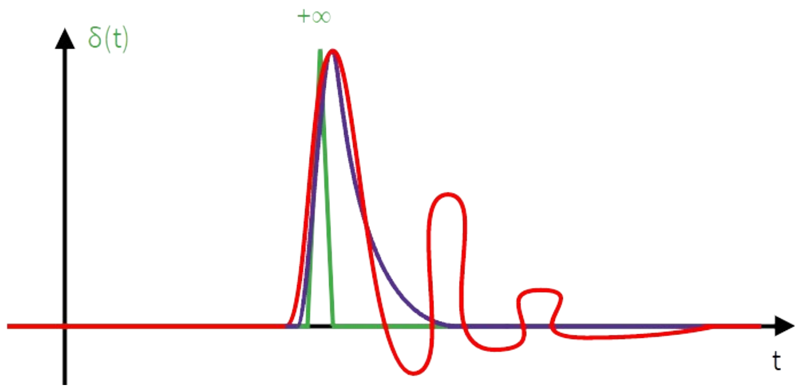
Échelon :



Rampe :



Impulsion :



Amélioration des résultats :

Dans le système bouclé, le correcteur (ou régulateur) est là pour améliorer la réponse à un changement de consigne ou une perturbation. Pour le fabriquer, il nous faut le quantifier, soit le mathématiser. Il faut donc modéliser le système pour trouver un modèle mathématique du correcteur. Les modèles les plus simples sont les modèles linéaires.

Modèle linéaire :

Soit une fonction qui fournit une sortie $s_1(t)$ pour une entrée $e_1(t)$ et une sortie $s_2(t)$ pour une entrée $e_2(t)$. Elle sera linéaire si avec k_1 et k_2, deux coefficients constants, pour l'entrée : $k_1 \times e_1(t) + k_2 \times e_2(t)$, elle fournit la sortie : $k_1 \times s_1(t) + k_2 \times s_2(t)$.
Une telle fonction relie son entrée et sa sortie par une équation différentielle à coefficient constant.

$s(t) + a_1 \times d/dt\, s(t) + a_2 \times d^2/dt^2\, s(t) \ldots a_n \times d^n/dt^n\, s(t) = k_0 \times e(t) + k_1 \times d/dt\, e(t) \ldots$

d2/dt2 : dérivation du 2e ordre

Remarques :

- Nos systèmes étant causaux (ils ne répondent qu'après avoir été excités) : $k \leq n$.
- Résoudre une équation différentielle reste compliqué. Certains mathématiciens ingénieux ont montré qu'à l'aide d'une transformation particulière, permettant de passer du domaine de du temps, dans le domaine de Laplace, avec la dérivée du signal devenant une multiplication, à condition qu'à l'instant t = 0, le signal soit à 0. Cela permet de définir facilement une fonction mathématique de transfert d'un système linéaire.

Fonction de transfert :

On considère que l'état initial du système correspond à une valeur 0 pour son entrée et une valeur 0 pour sa sortie (que les conditions initiales soient nulles). Il est très facile de comprendre que ceci ne changera rien, puisque 0 °C n'est pas 0 K, le 0 V est défini arbitrairement, 0 Bar n'est pas la pression atmosphérique, 0 km/h n'est pas la vitesse de rotation de la Terre…

Si **$L[f(t)] = F(p)$** alors **$L[d/dt\, f(t)] = p \times F(p)$**, avec L[x] étant la transformée de Laplace.

L'équation différentielle devient :

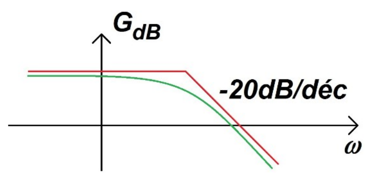
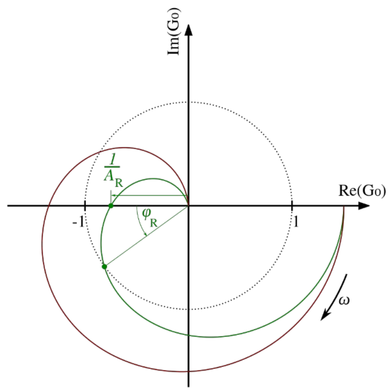
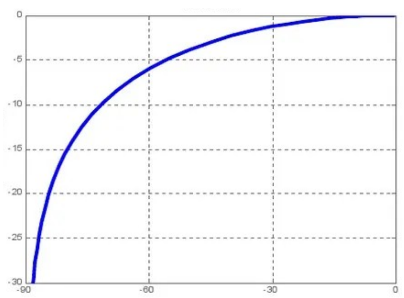
$S(p) + a_1 pS(p) + a_2 p^2 S(p) \ldots + a_n p_n S(p) = b_0 E(p) + b_1 pE(p) \ldots + b_k p^k E(p)$

$S(p)\ (1 + a_1p + a_2p^2 \dots + a_np^n) = E(p)\ (b_0 + b_1p \dots + b_kp^k)$

Avec $k \leq n$.
Ce qui s'écrit également :

$S(p) / E(p) = S / E\ (p) = H(p) = (b_0 + b_1p \dots + b_kp^k) / (1 + a_1p + a_2p^2 \dots + a_np^n)$

H(p) est la **fonction de transfert** (transmittance de Laplace) du système entre E et S.
La fonction de transfert dans l'espace sinusoïdal se trouve facilement en remplaçant p par jω. On peut alors tracer le **diagramme de Bode** de la fonction de transfert pour visualiser son comportement en fréquence. Il existe d'autres diagrammes, comme ceux de **Nyquist** ou de **Black**, qui sont très souvent utilisés en automatique.

<table>
<tr><th>Bode</th><th>Nyquist</th><th>Black</th></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td><td>
</td></tr>
</table>

Cf :

C) Étude Des Systèmes De Base

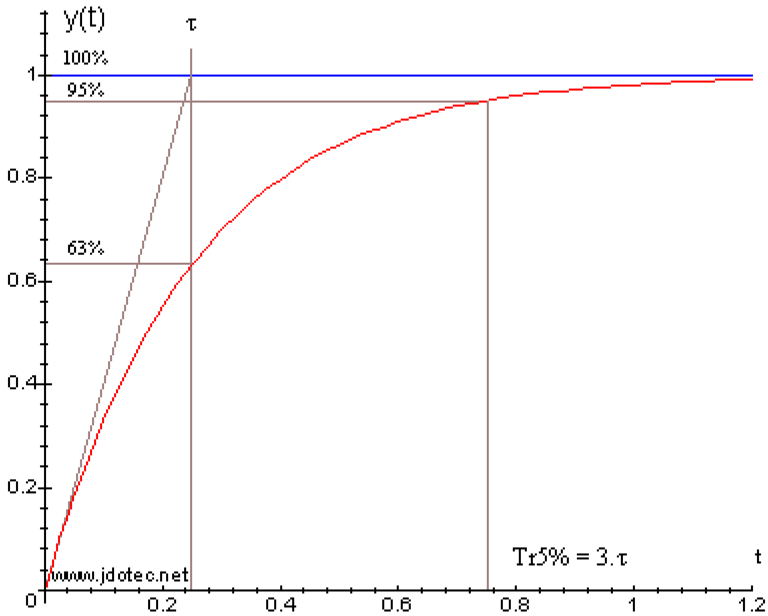
Avant de déterminer un correcteur pour améliorer un système bouclé, il est important de bien connaître les fonctions de transfert de base.

Systèmes de base :

D'un point de vue industriel, les systèmes sont construits pour faire au mieux ce qu'ils doivent faire. L'automatique vient lorsqu'une fois le système conçu, il faut augmenter la précision et/ou la rapidité. On peut donc généralement les considérer comme des systèmes du type filtre passe bas. En régime établit, ils font quasiment ce qu'ils devraient faire. Ceci se traduit classiquement par un numérateur de H(p) qui est constant. On retrouve alors les systèmes que l'on peut modéliser par les fonctions du premier ordre et du second ordre.

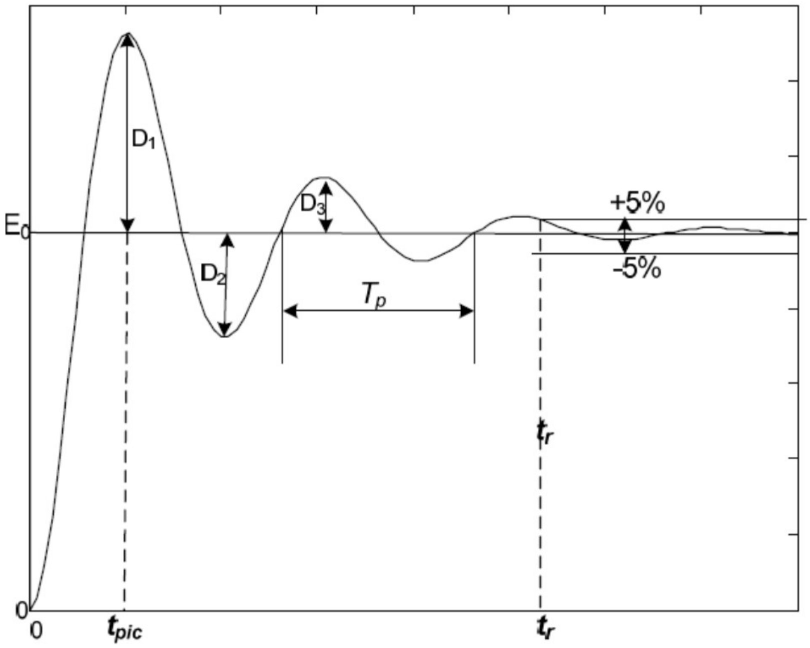
Système du premier ordre :

$H(p) = A_0 / (1 + \tau p)$ avec A_0 : amplification statique (à ne pas confondre avec le gain statique)
τ : constante de temps



Système du second ordre :

$H(p) = A_0 / (1 + (2mp)/\omega_0 + p^2 / w_0^2)$ avec A_0 : amplification statique
$\omega_0 \approx \omega = 2\pi f$: pulsation propre
$m = 1 / (2Q)$: facteur d'amortissement
Q : facteur de qualité (≈ nombre d'oscillations)



Système avec retard :

$H(p) = e^{-\tau p}$ modélise, dans le domaine de Laplace, un retard Ts.

Système avec intégrateur :

$H(p) = A_0 / p$ Les intégrateurs sont très présents car, si on a un système dont la sortie représente une vitesse, il suffit de vouloir le regarder en position, pour faire intervenir une intégration.

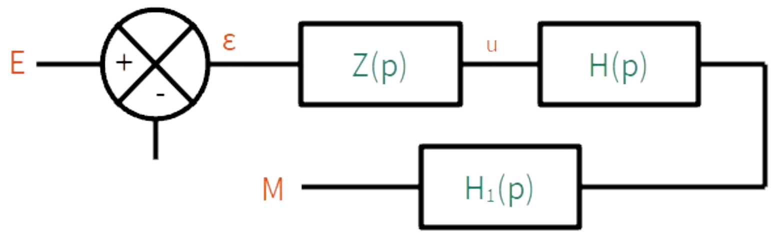
Boucle ouverte / fermée :

L'étude mathématique passe souvent par l'étude du comportement du système en boucle ouverte, pour pouvoir deviner son comportement en boucle fermée. C'est généralement lorsqu'on fermera la boucle que le système risque d'osciller et de devenir dangereux, pour lui et son entourage.

Boucle ouverte :

On cherche à déterminer ce qu'il y a entre l'entrée et ce que l'on mesure, la relation entre E et M.

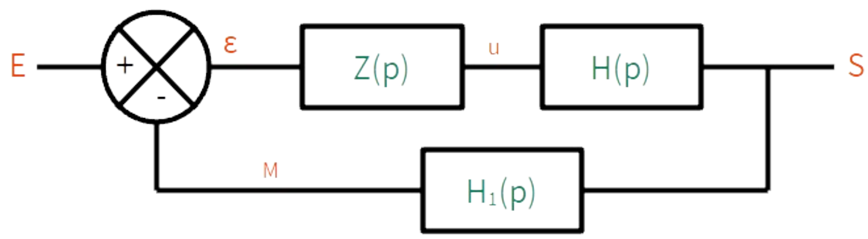
FTBOC(p) = H1(p) H(p) Z(p) avec FTBOC : Fonction de Transfert en Boucle Ouverte Corrigée



Boucle fermée :

On cherche à déterminer le comportement du système asservi, la relation entre E et S.

FTBFC(p) = H(p) Z(p) / (1 + H1(p) H(p) Z(p))



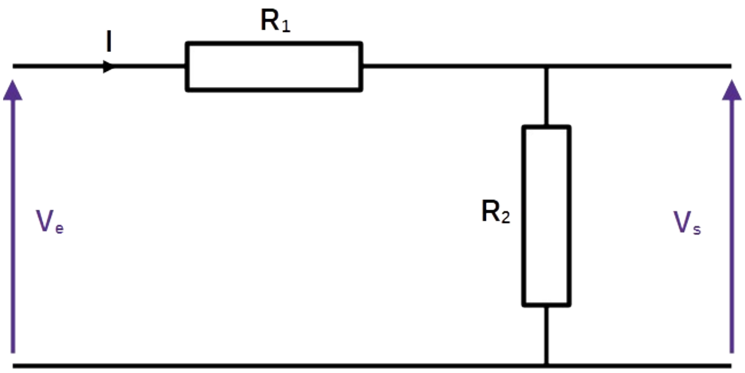
ÉLECTRONIQUE

Table des matières

I. Introduction

A) Les Différentes Lois Et Théorèmes

Pont diviseur de tension :



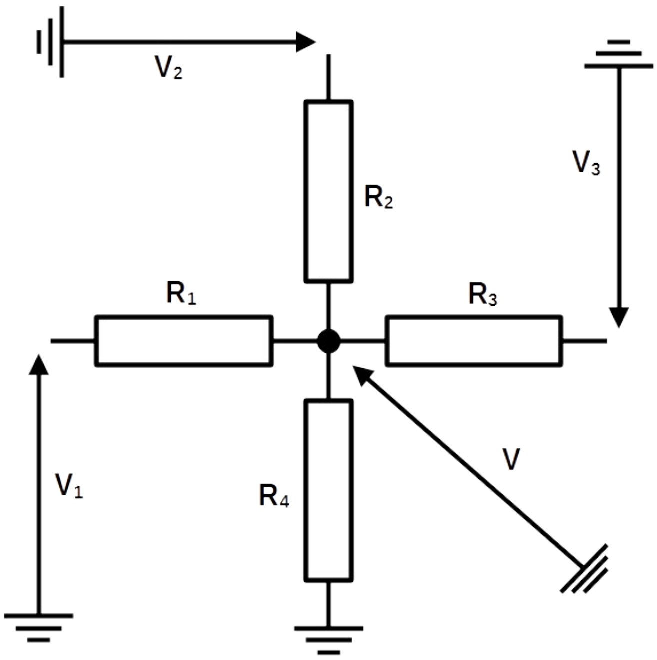
$V_e = (R_1 + R_2) \,.\, I \rightarrow$ $I = V_e / (R_1 + R_2)$ $\rightarrow$ $V_s = R_2 \,.\, I = \mathbf{(R_2V_e) / (R_1 + R_2)}$

Théorème de Millman :

Le théorème de Millman permet de calculer le potentiel en un nœud en fonction des potentiels des autres nœuds.

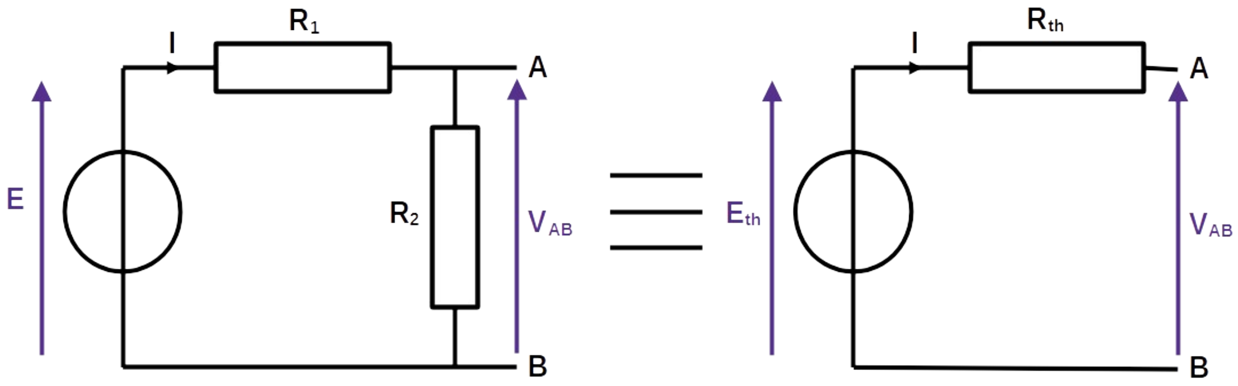
$$V = \frac{(V_1 / R_1) + (V_2 / R_2) + (V_3 / R_3) + (0 / R_4)}{(1 / R_1) + (1 / R_2) + (1 / R_3) + (1 / R_4)}$$

$$V = \frac{(V_1 / R_1) + (V_2 / R_2) + (V_3 / R_3)}{(1 / R_1) + (1 / R_2) + (1 / R_3) + (1 / R_4)}$$



Attention, les résistances reliées à la masse comptent dans le calcul, mais leur tension est égale à zéro.

Théorème de Thévenin :



$E_{th} = (E . R_2) / (R_1 + R_2)$ $R_{th} = (R_1 . R_2) / (R_1 + R_2)$

Avec : E_{th} : V_{AB} à vide R_{th} : Résistance équivalente vue entre A et B, avec E = 0

Cas particulier, si **$R_1 = R_2$** : **$E_{th} = E / 2$** et **$R_{th} = R / 2$**

Fréquence de Nyquist :

La fréquence de Nyquist est : $f_N = f_e / 2$

La limite est : $f_s < f_e - f_s$ ↔ $f_s < f_e / 2$

Théorème de Shannon :

Pour échantillonner un signal sans pertes d'informations, la fréquence f_e doit être inférieure à deux fois la fréquence la plus élevée contenue dans ce signal.

$$\mathbf{f_e > 2 . f_{max}}$$

B) Les Différents Composants

Amplificateur opérationnel (AOP) :

En électronique analogique, un amplificateur opérationnel ou ampli op est utilisé dans les circuits de traitement analogique du signal, dans le régime basse-fréquence. Il sert aussi à la réalisation de filtre passif, d’amplification de signal et instrumentation de faible bruit, de réalisation de calculs analogiques, de contrôle et asservissement, de génération de signaux…

Cf (https://www.electronique-mixte.fr/que-veut-dire-aop/)

Diode Schottky :

En élec

Diode Zener :

En élec

Condensateur de découpage :

Il permet de couper les signaux sinusoïdaux, en les court-circuitant. Ainsi, la majeure partie des bruits sont supprimés.

Condensateur de liaison :

Il permet de relier deux circuits électroniques entre eux, tout en ayant deux tensions continues différentes entre les deux circuits.

II. COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

A) Condensateurs

Condensateur :

blabl

1) Condensateurs shunt

Définition :

Un shunt est un dispositif de très faible impédance, relative à la charge qui permet au courant de passer d'un point à l'autre d'un circuit électrique, en utilisant très peu d'énergie.

B) Quadripôles

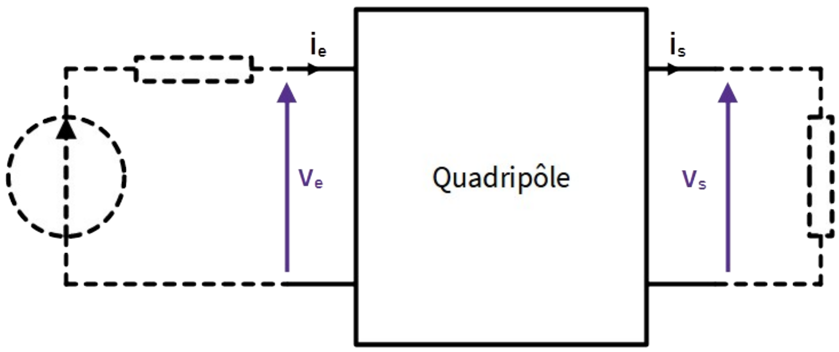


FIGURE 2: QUADRIPÔLE

Définition :

Un quadripôle est caractérisé par quatre grandeurs externes : deux grandeurs d'entrée v_e et i_e ; deux grandeurs de sortie v_s et i_s.
La puissance en sortie ne peut pas être supérieure à la puissance en entrée. En revanche, il est possible que la tension de sortie soit supérieure à la tension d'entrée, à condition que le courant de sortie soit inférieur au courant d'entrée et inversement.

Il est dit passif s'il est constitué uniquement de dipôles passifs.

Il est dit actif s'il est constitué d'au moins un dipôle actif, c'est-à-dire qu'il nécessite d'une source d'alimentation extérieur.

Il est dit linéaire s'il est constitué uniquement de dipôles et d'éléments de circuit linéaires. Si nous appliquons au quadripôle linéaire une grandeur d'entrée sinusoïdale de fréquence f, la grandeur de sortie est aussi sinusoïdale avec la même fréquence. Le quadripôle linéaire ne fait pas apparaître de nouveaux harmoniques et n'introduit pas de distorsion.

Il est dit non-linéaire s'il est constitué de dipôles et d'éléments de circuits non linéaires. Si nous appliquons au quadripôle non-linéaire une grandeur d'entrée sinusoïdale de fréquence f, la grandeur de sortie n'est pas sinusoïdale. Le quadripôle non-linéaire fait apparaître de nouveaux harmoniques et introduit de la distorsion.

C) Quadripôle Linéaire

Comme les tensions en entrée et en sortie sont de même fréquence, nous pouvons utiliser la notation complexe pour l'étude en régime sinusoïdal.

1) Théorème de superposition

Une source de tension $U_e(t)$ non sinusoïdale, mais périodique, peut être modélisée par une série de tensions, composée d'une tension continue E_0 et de plusieurs tensions sinusoïdales $U_{e1}(t)$, $U_{e2}(t)$… $U_{en}(t)$, de fréquence f, 2f… nf.

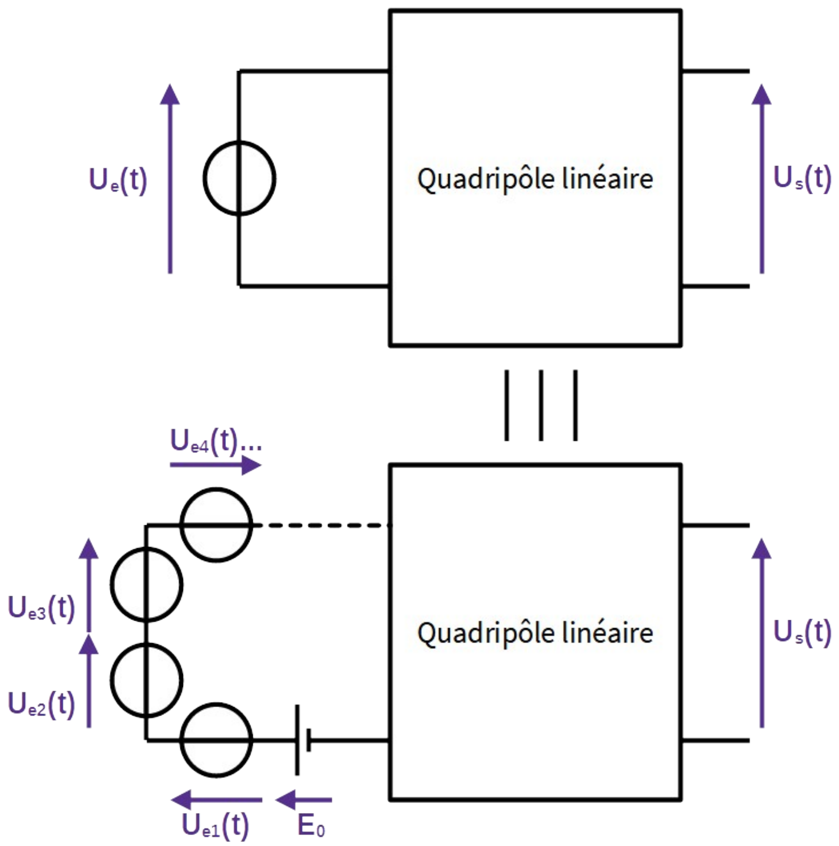


FIGURE 3: THÉORÈME DE SUPERPOSITION

D'après le théorème de superposition, la tension $U_s(t)$ en sortie du quadripôle linéaire sera donc donnée par la somme des tensions sinusoïdales dues à chaque composante harmonique du signal d'entrée.

$$U_s(t)=U_{s0}+U_{s1}(t)+U_{s2}(t)+U_{s3}(t)...+U_{sn}(t)$$

2) Amplification et gain en puissance

L'amplification en puissance est un nombre réel positif définie par :

$$A_p = \frac{\textit{Puissance active fournie à la charge}}{\textit{Puissance active absorbée du quadripôle}} = \frac{P_s}{P_e} = \frac{U_{seff} \times I_{seff} \times |\cos(\phi_s)|}{U_{eeff} \times I_{eeff} \times |\cos(\phi_e)|}$$

Avec φ_s le déphasage de $I_s(t)$ par rapport à $U_s(t)$ et φ_e le déphasage de $I_e(t)$ par rapport à $U_e(t)$.

Le gain en puissance est défini par $G_p|_{dB} = 10 \log(A_p) = 10 \log(\frac{P_s}{P_e})$.

3) Amplification et gain en tension

L'amplification en tension est un nombre complexe définie par :

$$\underline{A_v} = \frac{\underline{U_s}}{\underline{U_e}} = [A_v ; \theta_v]$$

Avec $A_v = |\underline{A_v}| = \frac{|\underline{U_s}|}{|\underline{U_e}|} = \frac{\widehat{U}_s}{\widehat{U}_e}$ et $\theta_v = arg(\underline{A_v}) = arg(\underline{U_s}) - arg(\underline{U_e}) = \varphi_{Us} - \varphi_{Ue}$

Le gain en tension est défini par $G_v|_{dB} = 20 \log(|\underline{A_v}|) = 20 \log(A_v)$

4) Amplification

III. AMPLIFICATEURS À TRANSISTORS BIPOLAIRES

IV. TRANSISTORS MOS FET

A) Montage Drain Commun

Amplification à vide :

$A_{V0} = x$

Impédance d'entrée :

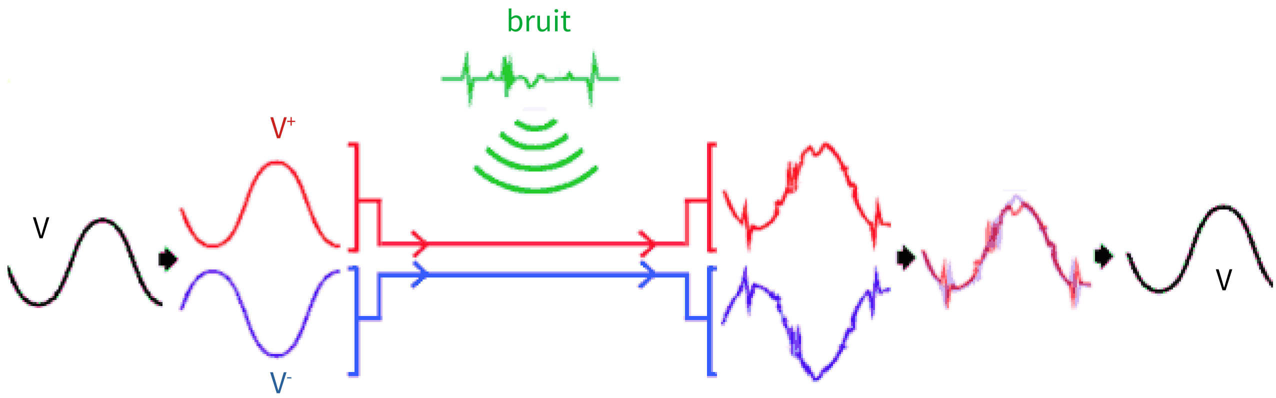
Impédance de sortie :

V. Numérisation des signaux

A) Électronique De Conditionnement

Le but est de numériser un signal analogique, issu d'un capteur.

Liaison symétrique (balanced) :



On envoie sur deux fils différent la tension émise sur l'un (V^+) et sur l'autre, sa tension inverse (V^-). Ainsi, s'il y a du bruit, chacune des tensions recevra la perturbation, qui sera donc effacée en inversant le **signal froid** (**V^-**), tandis que le **signal chaud** (**V^+**) reste le même.

Amplificateur d'instrumentation :

Cas idéal : $V_s = Ad.(V^+ - V^-)$ avec Ad : gain de mode différentiel

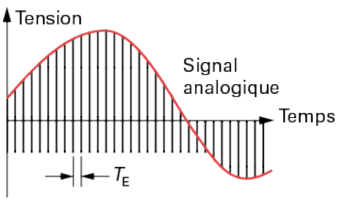
Cas réel : $V_s = Ad.(V^+ - V^-) + Amc.(V^+ - V^-) / 2$ avec Amc : gain de mode commun

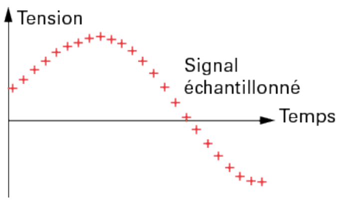
Taux de réjection en mode commun : TRMC = Ad / Amc TRMC (dB) = 20log (Ad / Amc)

B) Échantillonnage

Des échantillons du signal sont prélevés à des intervalles de temps régulièrement espacés.

$T_e = f_e^{-1}$ La fréquence d'échantillonnage doit être suffisamment élevée pour acquérir assez d'informations, pour reconstruire la courbe.





Analyse spectrale de l'échantillonnage :

C

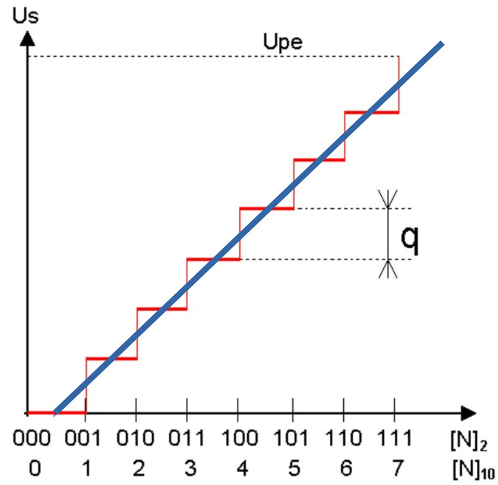
Filtre anti-repliement ou anti-recouvrement :

Même si les conditions de Shannon sont respectées ($f_e \geq 2.f_{max}$), des perturbations peuvent venir s'ajouter au signal utile à échantillonner.

Un signal parasite d'une fréquence inaudible peut alors être ramené dans notre domaine de l'audible. C'est ce procédé qui est utilisé pour écouter le cri des chauves-souris qui l'émette à une fréquence inaudible.

Pour éviter ce problème, tout signal parasite de fréquence supérieur à f_e / 2 doit être éliminé, en utilisant un filtre passe-bas, en amont de l'échantillonnage, qu'on appelle filtre anti-repliement.

Le CAN effectue la numérisation du signal analogique échantillonné et délivre des séquences numériques codées avec un pas de quantification ou **quantum q**, dépendant du nombre **N de bits** du convertisseur.



On a : **$q = V_{PE} / 2^N$**

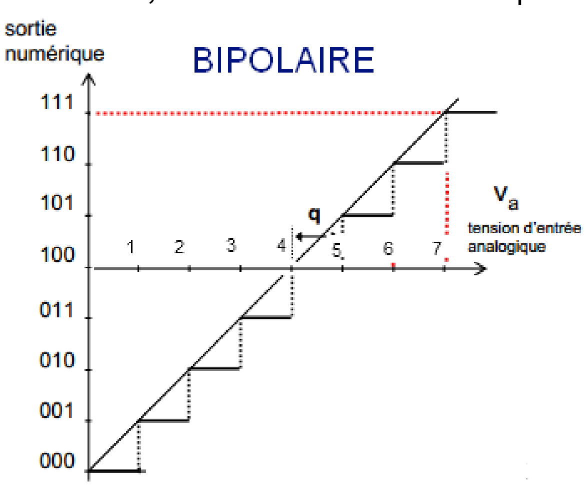
L'opération de quantification et le codage introduisent inévitablement une erreur de quantification qui est la différence entre la valeur du signal échantillonné et la valeur analogique d'entrée correspondant au code de sortie.

La **quantification linéaire centrée** permet de réduire l'erreur de quantification en valeur absolue. L'erreur en centrée étant : $\varepsilon = q / 2$

CAN bipolaire :

Il est compris entre + V_{PE} / 2 et - V_{PE} / 2, soit : $q = V_{PE} / 2^N$

Néanmoins, il est nécessaire de savoir quel langage binaire nous utilisons.



D	Binaire signé	Binaire décalé	Complément à 2
3	011	111	011

2	010	110	010
1	001	101	001
0	000/100	100	000
-1	101	011	111
-2	110	010	110
-3	111	001	101
-4	-	000	100

CAN flash :

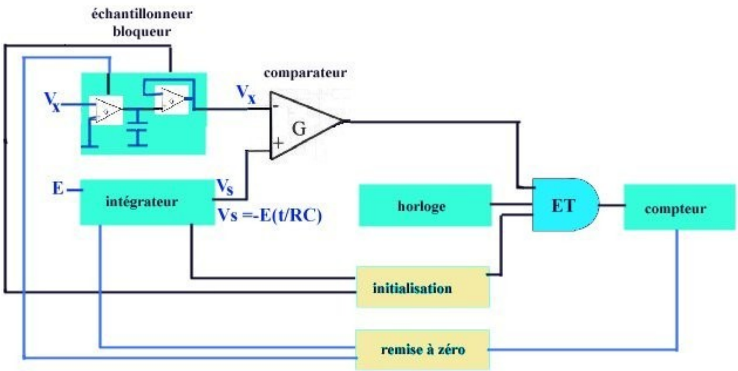
Pour un CAN flash à n bits, il faut **2^n – 1** comparateurs.

CAN simple rampe :

Dans un CAN simple rampe, on effectue une conversion de tension en temps, puis une mesure du temps quantifié par une horloge de période T_H.

$U_R = a.t$ $\quad\quad$ $t_x = U_x / a$

En fin de conversion :
$N = t_x / T_H = U_x / (a \,.\, T_H)$



Si a n'est pas constant, il peut y avoir une erreur. Nous pouvons aussi utiliser un CAN à double rampe.

Approximations successives avec un CAN :

Le principe de dichotomie est de diviser la plage de recherche par deux à chaque étape. Pour un CAN de n bits, il faudra faire n tests.

Récapitulatif :

Chacun des types de CAN a ses propres défauts et avantages, ainsi que son utilisation précise.

Technologie	Temps de conversion	Exemple d'utilisation
Simple rampe	Lent (ms)	Mesure sans précision

Double rampe Multi rampe	Lent (ms)	Multimètre
Approximations successives (SAR)	Rapide (µs)	Acquisition de son
Flash (ou CAN parallèle)	Très rapide (ns)	Acquisition de vidéo

Toutefois, les CAN cités ci-dessus ne sont pas les seuls existants. Il est possible de trouver de CAN subranging ou série-//, ainsi que des CAN sigma-delta (Σ - δ) sur échantillonnage.

CNA :

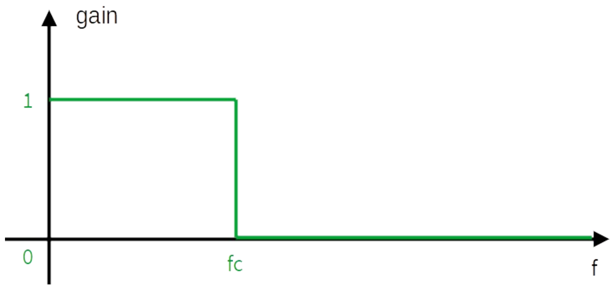
Le Convertisseur Numérique / Analogique converti les séquences numériques codées en des niveaux discrets de tension analogique en sortie.

VI. Électronique et Systèmes Embarqués

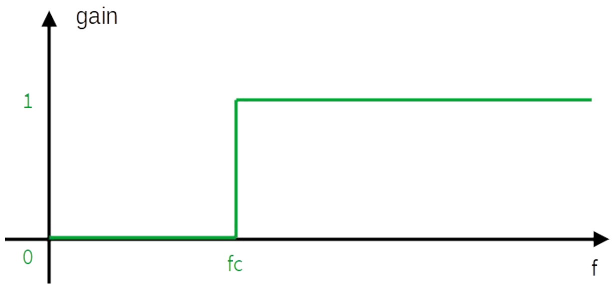
A) Filtrage

4 types de filtrage :

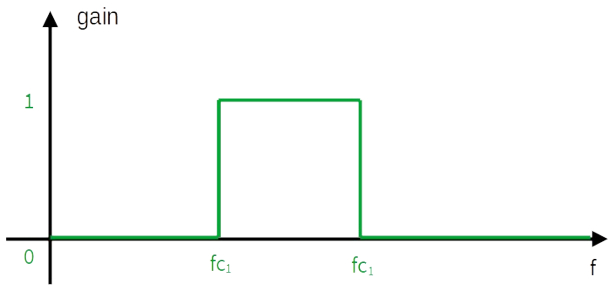
Filtre passe-bas :



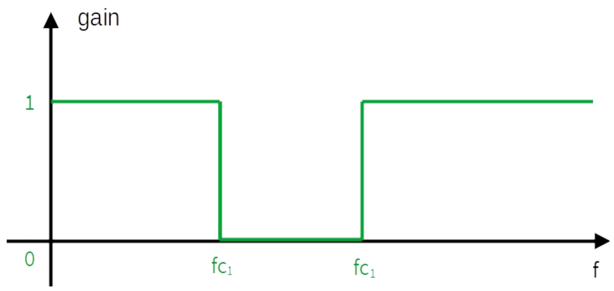
Filtre passe-haut :



Filtre passe-bande :



Filtre coupe-bande :



Remarques :

- Quand les filtres sont actifs, le gain peut être supérieur à 1.
- Ces représentations sont idéales. En réalité, il est impossible d'obtenir des coupures aussi raides.

Utilisation des filtres :

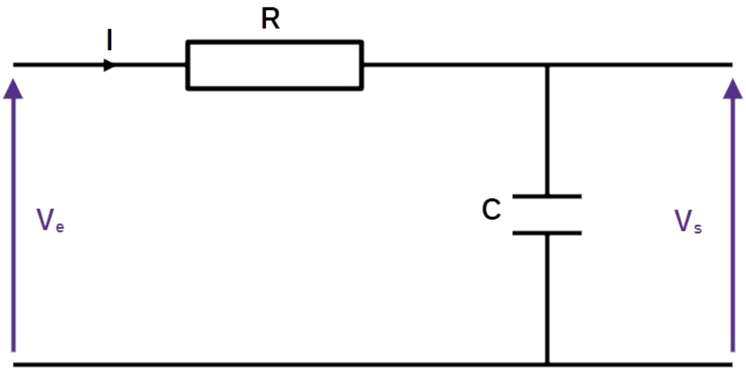
Les filtres peuvent servir à faire plusieurs choses, telles que gérer le réseau et le transport de l'énergie, adapter le spectre de fréquence du signal utile, traiter le signal, l'image, le son, le radar, les radiocommunications… Ils peuvent aussi être à l'intérieur de fonctions électroniques plus complexes (PLL, modulation, antennes…) ou encore pour atténuer les phénomènes de CEM.

1) Filtres du premier ordre

Définition :

C'est un filtre dont le dénominateur de la fonction de transfert est un polynôme dont la variable (jω) ou p est d'ordre 1.

Exemple :

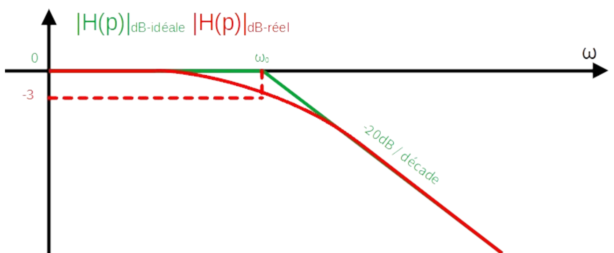


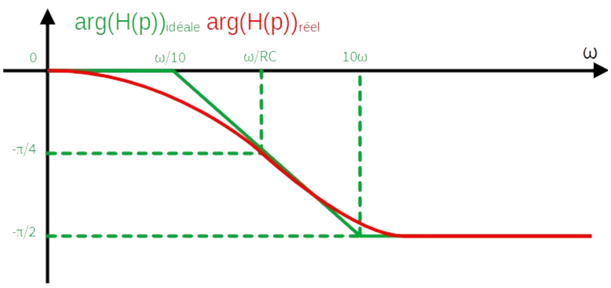
$H(j\omega) = (1 + jRC\omega)^{-1}$
$H(p) = (1 + RCp)^{-1}$

$|H(j\omega)| = (\sqrt{(1 + R^2C^2\omega^2)})^{-1}$

$\arg(H(j\omega)) = \arg(NUM) - \arg(DENUM)$
$\arg(H(j\omega)) = \arctan(0/1) - \arctan(RC\omega)$

$\omega \to 0$:	$H(p) = 1$	$\lvert H(p)\rvert = 1 = 0$ dB	$\arg(H(p)) = 0$ rad
$\omega = \omega_0$:	$H(j\omega_0) = (1+j)^{-1}$	$\lvert H(p)\rvert = (\sqrt{(2)})^{-1}$	$\arg(H(p)) = -\pi/4$ rad
$\omega \to +\infty$:	$H(p) = (jRC\omega)^{-1}$	$\lvert H(p)\rvert = (RC\omega)^{-1}$	$\arg(H(p)) = -\pi/2$ rad





2) Filtrage de second ordre

Définition :

C'est un filtre dont le dénominateur de la fonction de transfert est un polynôme, dont la variable ($j\omega$) ou p est d'ordre 2.

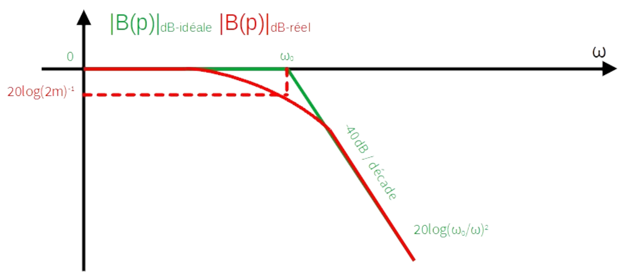
Exemple :

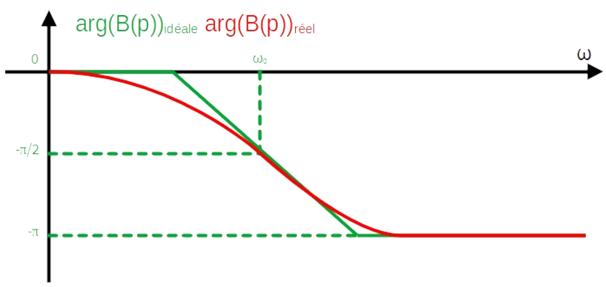
$B(p) = 1 / (1 + (2mp / \omega_0) + (p^2 / \omega_0^2))$

$\omega \rightarrow 0$:	$B(p) = 1$	$\|B(p)\| = 0$ dB	$\arg(B(p)) = 0$ rad
$\omega = \omega_0$:	$B(j\omega_0) = (2mj)^{-1}$	$\|B(p)\| = 20\log(2m)^{-1}$	$\arg(B(p)) = -\pi/2$ rad
$\omega \rightarrow +\infty$:	$B(p) = -(\omega_0 / \omega)^{-1}$	$\|B(p)\| = (\omega_0 / \omega)^2$	$\arg(B(p)) = -\pi$ rad

Pour savoir si on a π rad ou $-\pi$ rad, on sait que physiquement, on ne peut pas se déplacer de $-\pi$ rad à π rad.

Pour $m = (\sqrt{(2)})^{-1}$:





Il est possible de cascader deux filtres du premier ordre pour obtenir un filtre du deuxième ordre.

- Passe-haut : mise en cascade de deux filtres passe-haut du 1er ordre.
- Passe-bande : mise en cascade d'un filtre passe-bas et d'un filtre passe-haut

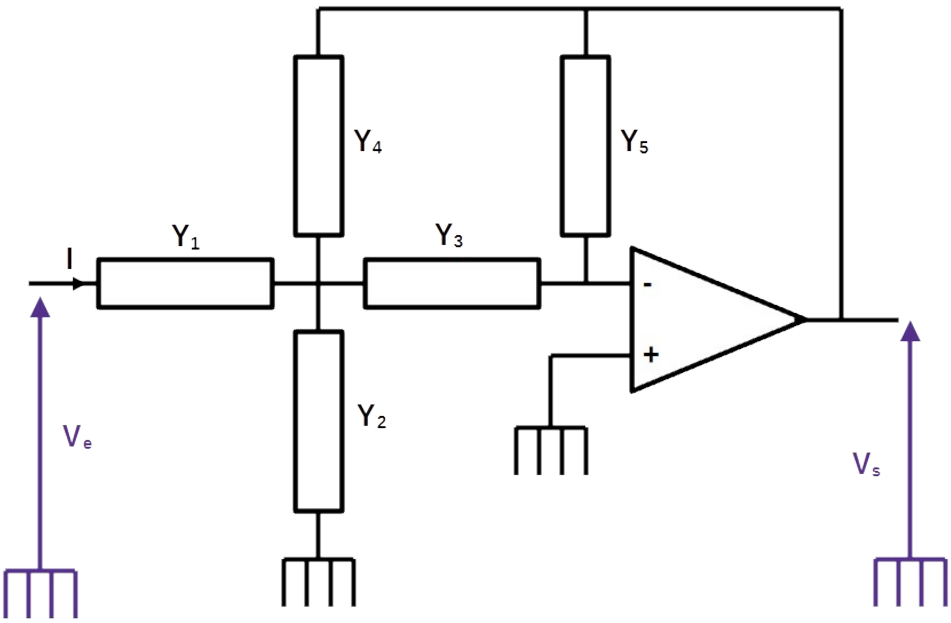
Mais attention, la fonction de transfert n'est pas le produit des filtres passe-bas du 1er ordre.

Inconvénients des filtres passifs :

- Attention à l'impédance de charge
- Pas de gain

- Utilisation des inductances compliqué

3) Structure de Rauch



Il est possible d'obtenir les 4 types de filtrage : passe-bas, passe-haut, passe-bande et coupe-bande, en choisissant judicieusement les composants (résistance ou condensateur) qui génèrent les admittances Y_1 à Y_5.

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
Passe-bas	R_1	C_2	R_3	R_4	C_5
Passe-haut	C_1	R_2	C_3	C_4	R_5
Passe-bande	R_1	R_2	C_3	C_4	R_5
Coupe-bande					

B) Oscillateurs

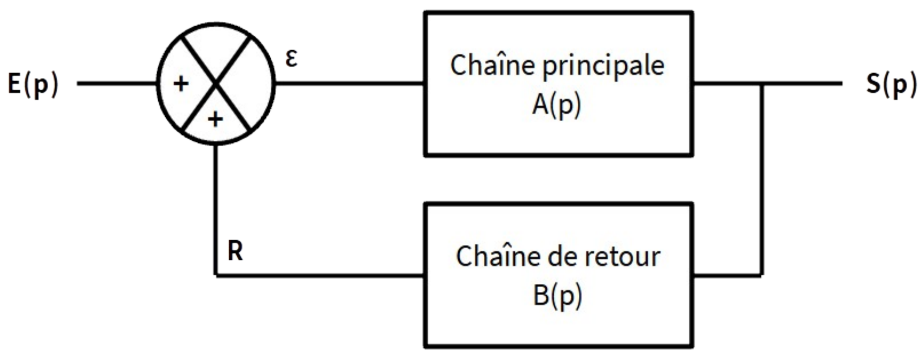
Ce circuit joue un rôle de référence temporelle ou fréquentielle, qui est primordial dans pratiquement tous les systèmes.

Asservissement :

Pour faire de l'asservissement, on utilise une entrée que l'on branche sur le plus du comparateur, ainsi qu'une chaîne de retour que l'on branche sur l'entrée moins. On est alors en présence d'une réaction négative car, ε = E − R. On parle aussi de contre-réaction. Ces systèmes sont utilisés pour réguler des dispositifs de température, de pression, de tension, de courant, de vitesse…
On obtient alors un système stable.

Oscillation :

Pour faire de l'oscillation, on utilise les mêmes entrées, mais on remplace la soustraction par une addition. On a alors ε = E + R.
On obtient alors un système astable. Et il suffit d'un rien pour que l'oscillateur parte et ce rien est le bruit qui est présent dans tous les composants. Sa formule est : **N = 4KTRDf**.



Gain complexe de la chaîne principale : A(p) = $A(\omega)e^{j\phi(\omega)}$

Gain complexe de la chaîne de retour : B(p) = $B(\omega)e^{j\Psi(\omega)}$

Boucle fermée :

Gain complexe en boucle fermée : T(p) = $\frac{S(p)}{E(p)}=\frac{A(p)}{1-A(p)B(p)}$

Pour qu'un système oscille, il doit respecter deux conditions : la condition de Barkhausen et la condition de démarrage.

Condition de Berkhausen :

$A(j\omega_0)B(j\omega_0) = 1 \rightarrow |(A(j\omega_0)B(j\omega_0)| = 1$ et $\arg(A(j\omega_0)) + \arg(B(j\omega_0)) = 0 \pm k2\pi$ rad

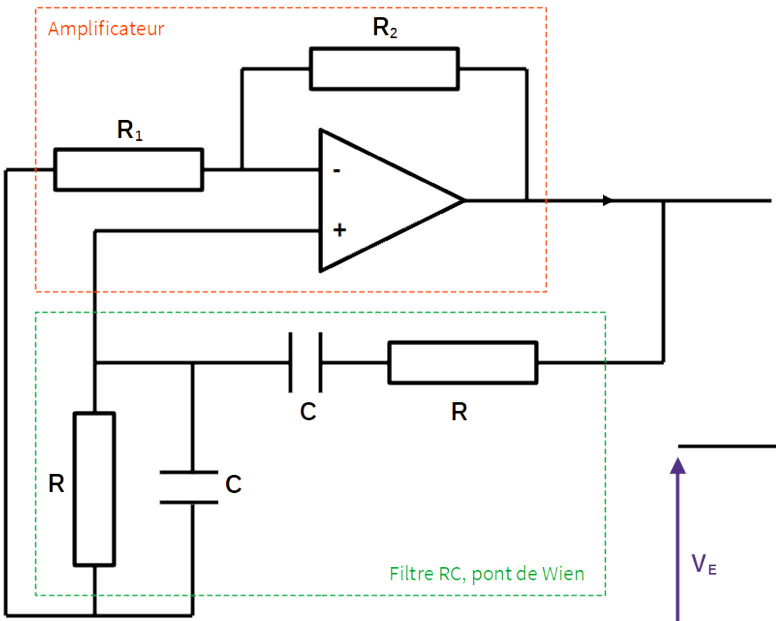
Cela signifie que le gain de contre-réaction soit égal à 1. Cette condition est nécessaire, mais elle ne suffit pas à faire apparaître des oscillations stables. On ne dispose d'aucun critère de stabilité général pour la production d'oscillations stables.

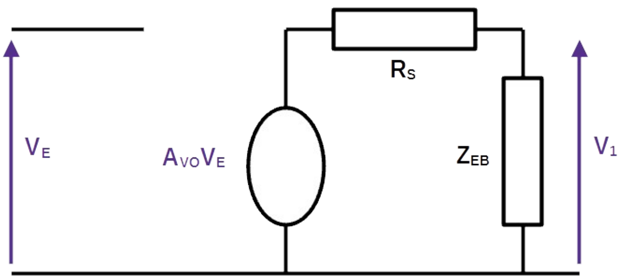
Condition de démarrage :

$|(A(j\omega_0)B(j\omega_0)| > 1$ et $\arg(A(j\omega_0)) + \arg(B(j\omega_0)) = 0 \pm k2\pi$ rad

Au démarrage, l'oscillateur part en instabilité, les amplitudes de tension et de courant augmentent à la fréquence f_0.
L'amplificateur sature et donc le gain diminue pour se stabiliser à la condition de régime permanent : $|(A(j\omega_0)B(j\omega_0)| = 1$

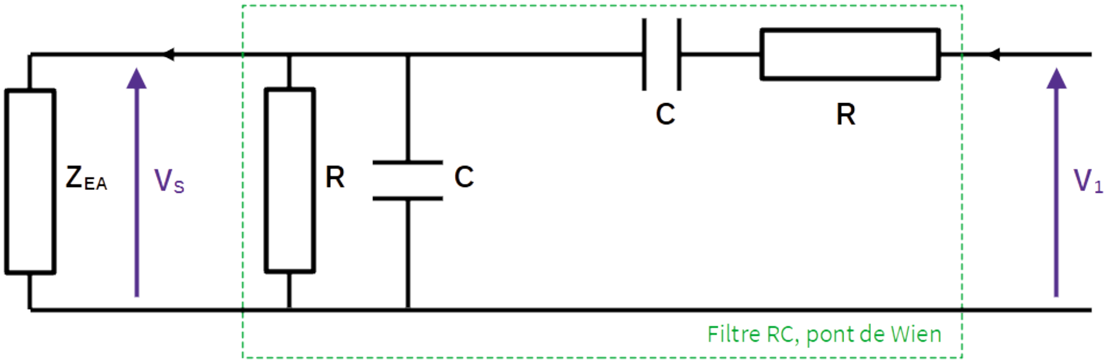
Oscillateur à pont de Wien :





$V_1(\omega) = \dfrac{Z_{EB}}{R_s + Z_{EB}} A_{vo} * V_E(\omega)$ → si R_s est faible : $V_1(\omega) \approx A_{vo} * V_E(\omega)$

Le gain de l'amplificateur est : $A(p) = \dfrac{V_1(\omega)}{V_E(\omega)} = A_{vo} = \dfrac{R_1 + R_2}{R_1}$



Nous remarquons que la pulsation qui était considérée comme la variable ω devient la valeur fixe ω_0. Ce parce que la condition de Berkhausen n'est satisfaite que pour une seule pulsation d'oscillation. Pour l'oscillateur à pont de Wien, cela s'écrit :

$$A(\omega_0) * B(\omega_0) = \frac{A_{vo} * jRC\omega_0}{1 - (RC\omega_0)^2 + 3\,jRC\omega_0} = 1$$

<u>Oscillateurs à réseau LC</u> :

En supposant que l'élément actif est un transistor JFET ou un amplificateur ayant une très forte impédance d'entrée, alors le schéma est le suivant :

VII. Téléphonie

A) Filtrage

1) Équation des télégraphistes

Définition :

Les équations des télégraphistes sont un système de deux équations aux dérivées partielles, décrivant l'évolution de la tension et du courant sur une ligne électrique, en fonction de la distance et du temps.

Une portion infinitésimale[1] de ligne électrique peut être représentée par ce quadripôle, avec :

↪ une résistance linéique R du conducteur, représentée par une résistance série (en Ω/m).

↪ une inductance linéique L, représentée par une bobine (en H/m).

↪ une capacité linéique C entre les deux conducteurs, représenté par un condensateur shunt (en F/m).

↪ une conductence linéique G, du milieu diélectrique, séparant les deux conducteurs (en S/m). Elle est représentée par une résistance parallèle de valeur 1/G Ω.

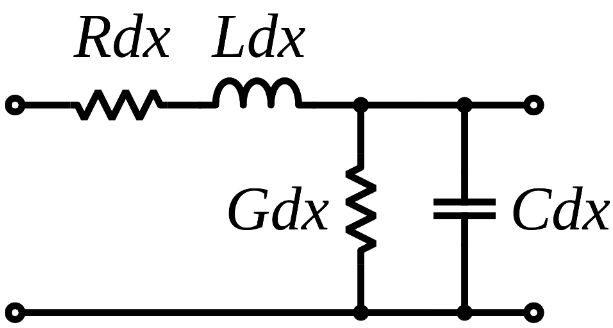


Figure 4 - Quadripôle d'une ligne de transmission

Formule de base :

Soient $U(x,t)$ et $I(x,t)$ en un point éloigné d'une distance *x* du début de la ligne à un instant *t*, alors nous pouvons écrire deux équations aux dérivées partielles :

gr

1 Le calcul infinitésimale ou différentiel intégral est une branche des mathématiques développer à partir de l'algèbre et de la géométrie.

VIII.

ÉNERGIE

Table des matières

I. RÉGIMES

A) Régime Continu

grgd

B) Régime Périodique

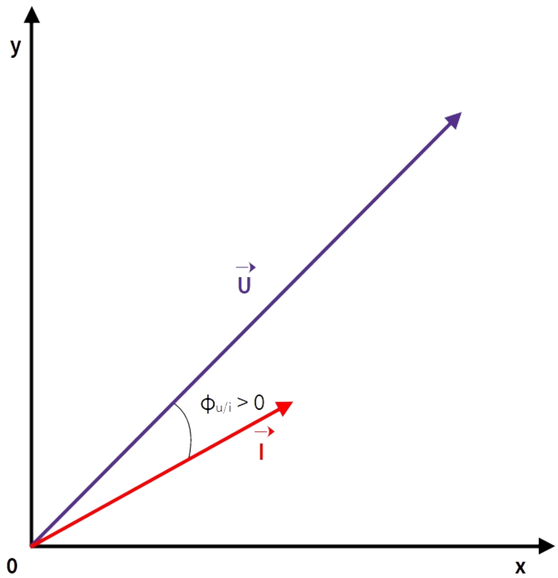
grgdfefe

C) Régime Alternatif

<u>Dipôles linéaires</u> :

Si un dipôle linéaire est traversé par un courant sinusoïdal, il apparaît à ses bornes une tension sinusoïdale de même fréquence.
C'est le cas pour un résistor, une bobine, un condensateur et toutes les associations série et parallèle de ces dipôles.

<u>Impédance</u> :



$\underline{Z} = [Z ; \varphi_{u/i}]$

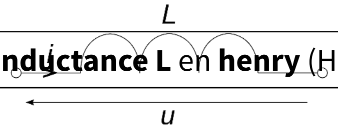
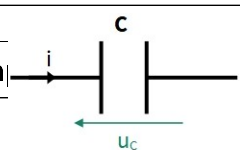
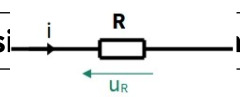
Z : module de l'impédance

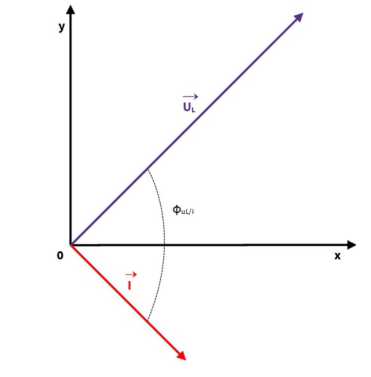
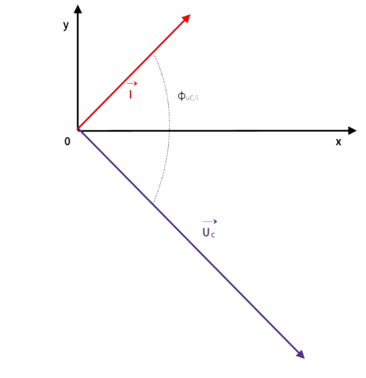
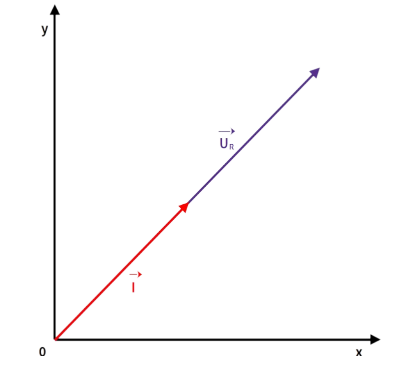
Z = U / I *(rapport des valeurs efficaces)*
Unité de Z : Ω (Ohms)

$\varphi_{u/i}$: déphasage de u par rapport à i.

Il est toujours fléché de $\vec{I}$ vers $\vec{U}$. Son unité est soit le radian (rad) ou le degrés (°).

La notion d'impédance n'est valable qu'en régime sinusoïdal.

BOBINE	CONDENSATEUR	RÉSISTOR
L		
Inductance L en **henry** (H) 	**Ca**  (F)	**Rési**  (Ω)

$Z_L = L\omega$	$Z_C = (C\omega)^{-1}$	$Z_R = R$
$\varphi_{u/i} = \pi / 2$ rad	$\varphi_{u/i} = - \pi / 2$ rad	$\varphi_{u/i} = 0$
		

F

D) Régime Triphasé Alternatif

1) Systèmes triphasés équilibrés

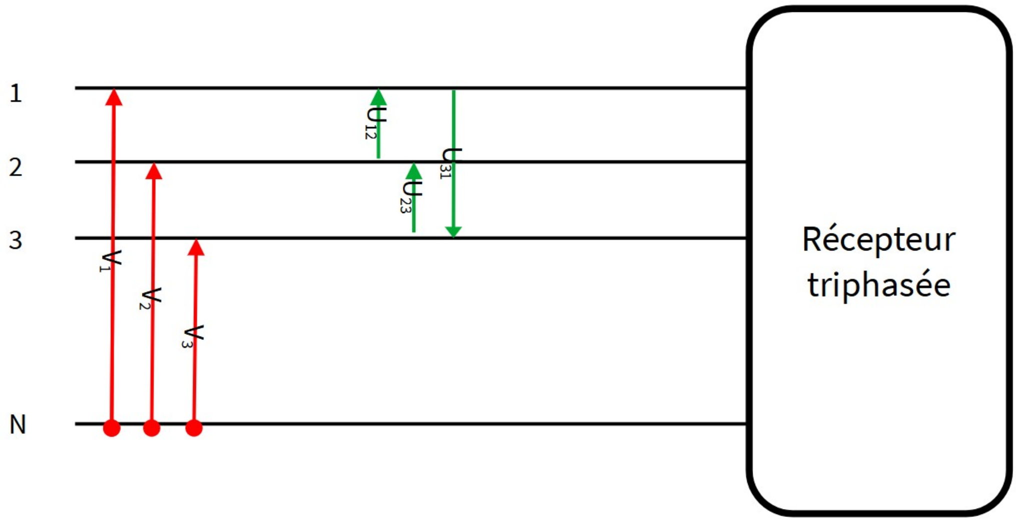
<u>Intérêts</u> :

Il est plus économique de produire et de transporter de l'énergie électrique sous forme triphasée. Les champs magnétiques tournants sont produits par des systèmes triphasés de courant. Les grosses machines à courant alternatif fonctionnent en triphasé. Le redressement triphasé est plus efficace que le redressement monophasé.

<u>Définitions</u> :

- Installation triphasée :

Tensions simples : (entre un fil de phase et le neutre) v_1, v_2 et v_3
Tensions composées : (entre deux fils de phase) u_{12}, u_{23} et u_{31}



Le neutre n'est pas toujours distribué, tandis que les trois phases sont toujours distribuées.

- Système triphasé :

C'est un système dans lequel les trois tensions (ou courant) sont sinusoïdales, de même fréquence et déphasées les unes par rapport aux autres de 120°.

- Système triphasé équilibré

C'est un système triphasé dont les valeurs efficaces des trois grandeurs sinusoïdales sont les mêmes.

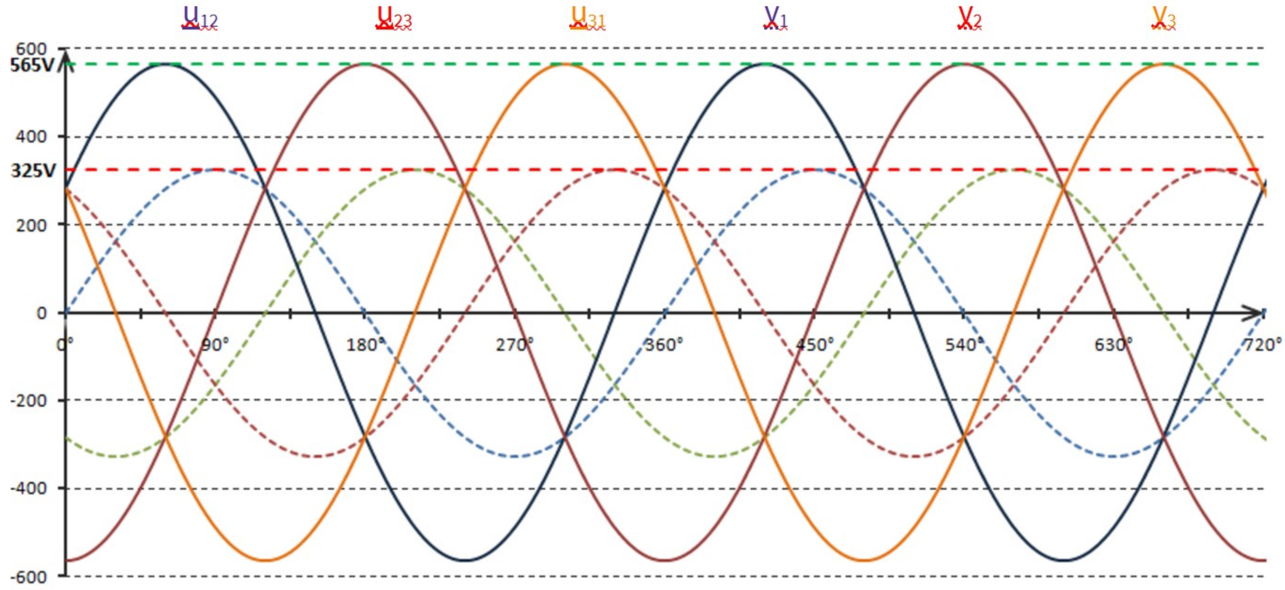
- Système direct – système inverse

Dans un système direct :

v_1 est en avance de 120° par rapport à v_2.
v_1 est en avance de 240° par rapport à v_3.

Dans un système inverse :

v_1 est en avance de 120° par rapport à v_3.
v_1 est en avance de 240° par rapport à v_2.



- Équations temporelles

En prenant $v_1(t)$ comme origine des phases : $v_1(t) = V\sqrt{(2)}\ \sin(\omega t)$
$v_2(t) = V\sqrt{(2)}\ \sin(\omega t - (2\pi)/3)$
$v_3(t) = V\sqrt{(2)}\ \sin(\omega t + (2\pi)/3)$

E) Harmoniques

grgd

F) Régime Transitoire

grgd

II. Électricité

A) Sources D'énergie Électrique

B) Champ Magnétique Tournant

Grgd

C) Ondes Électromagnétiques

grgd

D) Électrothermie

1) Électrothermie

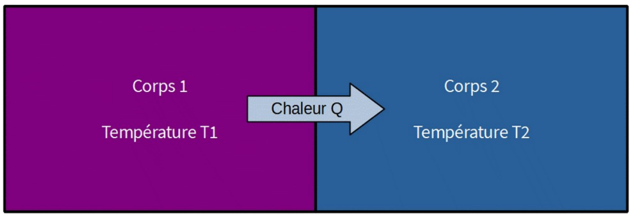
<u>Modes de transmission</u> :

Il existe trois modes de transferts thermiques :

- ⇒ La conduction
- ⇒ La convection
- ⇒ Le rayonnement

<u>Transfert thermique par conduction</u> :

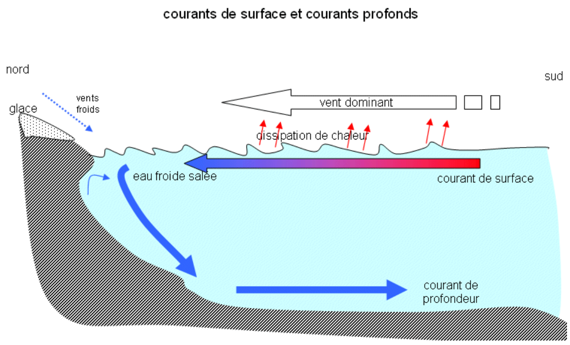
Entre deux corps en contact, la chaleur Q (énergie) passe d'un corps à l'autre, s'ils sont à des températures différentes.



<u>Transfert thermique par convection</u> :

Il y a convection, lorsque le transfert thermique s'accompagne du mouvement de molécules d'un fluide (liquide ou gaz).

La convection est dite naturelle quand l'échange de chaleur est responsable du mouvement. *Exemples : montgolfière, brise marine, Gulf Stream, chauffage…*



Le fluide chaud monte en altitude, pendant que le fluide froid descend, créent alors une boucle.

La convection est forcée, quand un dispositif mécanique (pompe, ventilateur…) entraîne les molécules vers le dispositif chauffant. Le mouvement favorise le transfert thermique.

<u>Transfert thermique par rayonnement</u> :

Tous les corps émettent de la lumière (rayonnement électromagnétique) en fonction de leur température. Réciproquement, tout corps est chauffé par la lumière (visible ou invisible) qu'il absorbe.

Contrairement aux transferts thermiques par conduction et par convection, le rayonnement peut se réaliser sans présence de matière, donc dans le vide.

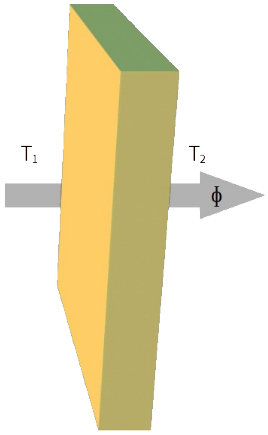
Modélisation d'un système thermique :

Les unités de température sont les suivantes :

- ⇒ Le **degré Celsius** (°C) : avec T = 0 °C si l'eau passe de l'état liquide à solide et T = 100 °C si l'eau passe de l'état liquide à gazeux, le tout à l'altitude 0.
- ⇒ Le **Kelvin** : C'est l'unité du système international. Il mesure la température absolue. Il utilise la même échelle que le degré Celsius, avec pour début, la plus petite température que l'on puisse approcher réellement. Donc, 0 K = −273,15 °C
- ⇒ Le **degré Fahrenheit** : T(°F) = 32 + 1,8 T(°C)

Le **flux thermique** est la quantité d'énergie thermique (chaleur Q), qui traverse une surface isotherme, par unité de temps. $\boldsymbol{\phi \text{ (W)} = \Delta Q \text{ (J)} / \Delta t \text{ (s)}}$

La **résistance thermique** s'oppose au passage du flux thermique (puissance thermique), entre deux endroits. Plus la résistance thermique est grande, plus la matériau est isolant thermiquement.



En régime permanent : $\boldsymbol{\Delta T = T_1 - T_2 = R_{th} \times \phi}$

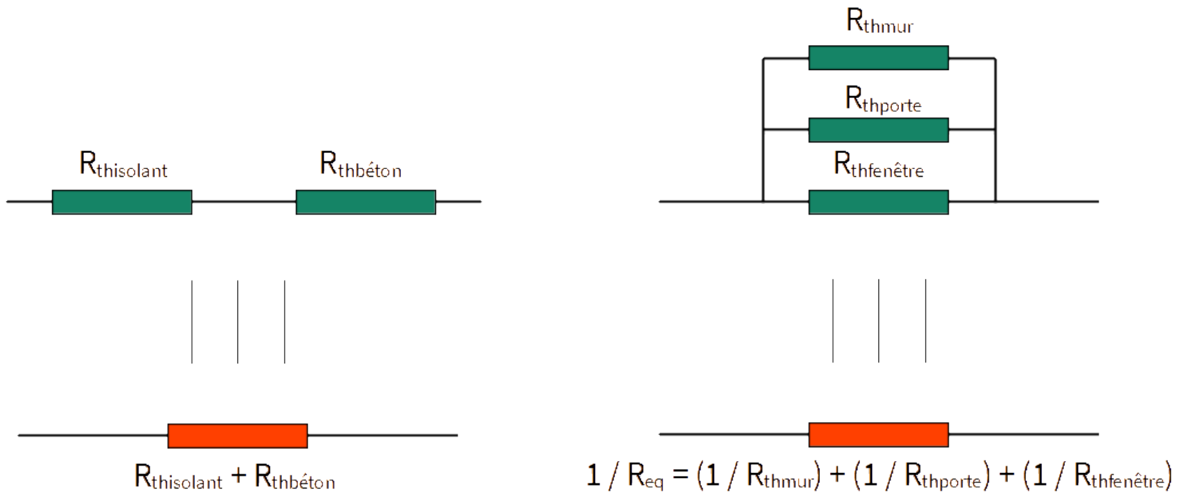
En régime stationnaire : $\boldsymbol{R_{th} = e / (\lambda \times S)}$

Avec :
R_{th} : résistance thermique (en K/W ou °C/W)
e : épaisseur du matériau (en m)
λ : conductivité thermique du matériau (en W/Km)
S : surface du matériau (en m)

Il est possible de faire un parallèle avec l'électronique.

$\Delta T \Longleftrightarrow U \qquad R_{th} \Longleftrightarrow R \qquad \phi \Longleftrightarrow I \qquad \Delta T = R_{th} \times \phi \Longleftrightarrow U = R \times I$

De même, le couplage des résistances est similaire.



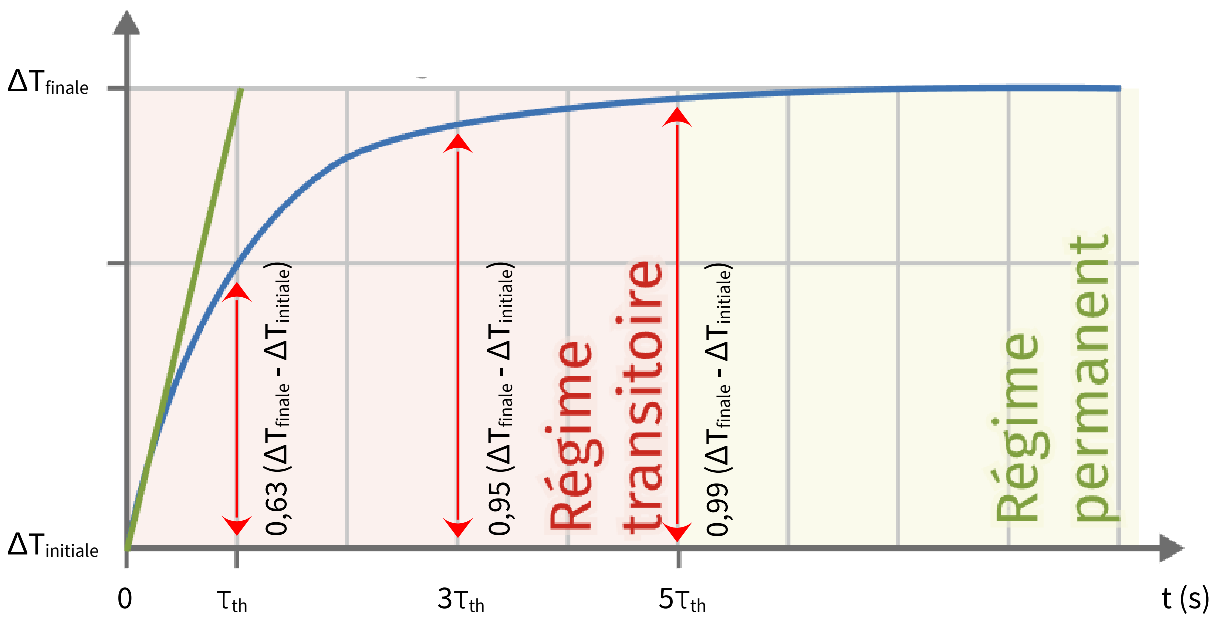
La **capacité thermique** reflète la capacité d'un matériau à accumuler de l'énergie (chaleur) quand la température augmente. Exactement comme un condensateur qui accumule de l'énergie quand la tension augmente.

A volume constant : **ΔQ (J) = C_{th} (J/K) x ΔT (K)**

on a $dQ = Cth \times dT$ avec d_ étant une petite variation de _
or, $\phi = dQ / dT$
donc, $\phi = C_{th} \times (dT / dt) = C_{th} \times (d\Delta T / dt)$

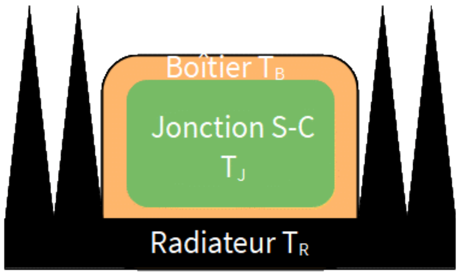
Dans un condensateur, la tension ne peut pas subir de discontinuité. Donc ici, la tension étant remplacée par la **température**, celle-ci **ne peut pas** non plus **subir de discontinuité**.

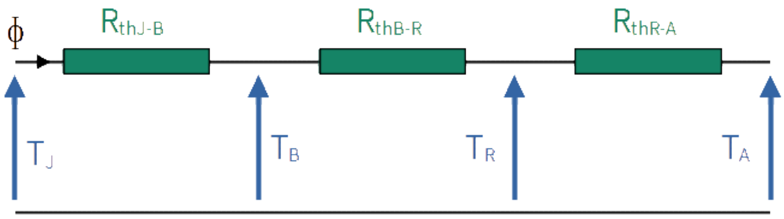
Lorsqu'un système thermique subit un échelon de flux thermique ϕ (puissance), la différence de température évolue exponentiellement, avec une constante de temps τ_{th}.



2) Dissipateurs thermiques en électronique

Les éléments semi-conducteurs produisent des pertes par conduction et par commutation. Lorsque la température des jonctions des semi-conducteurs augmente, sa durée de vie est réduite. Entre 60 °C et 140 °C, une jonction classique voit sa durée de vie divisée par 50. Les composants semi-conducteurs sont en général montés sur des dissipateurs (radiateurs, refroidisseurs…) destinés à favoriser l'évacuation de l'énergie produite.





Avec :

- ⇒ R_{thJ-B} : Résistance thermique jonction-boîtier. Elle est donnée par le constructeur du composant. Le transfert thermique se fait essentiellement par conduction.
- ⇒ R_{thB-R} : Résistance thermique boîtier-radiateur. Elle dépend de la surface de contact entre le boîtier du composant, le radiateur et la présence ou non d'un isolant électrique. Le transfert thermique se fait essentiellement par conduction.
- ⇒ R_{thR-A} : Résistance thermique radiateur-air ambiant. Elle dépend de la surface du radiateur, de son type (plat, à ailettes…), de son orientation (les parties verticales dissipent mieux les calories que les parties horizontales) et de sa couleur (le noir rayonne plus que le brillant). Elle peut être diminuée en forçant une circulation d'air. Le transfert thermique se fait essentiellement par convection et par rayonnement.

3) Four à micro-ondes

Principe du chauffage par micro-ondes :

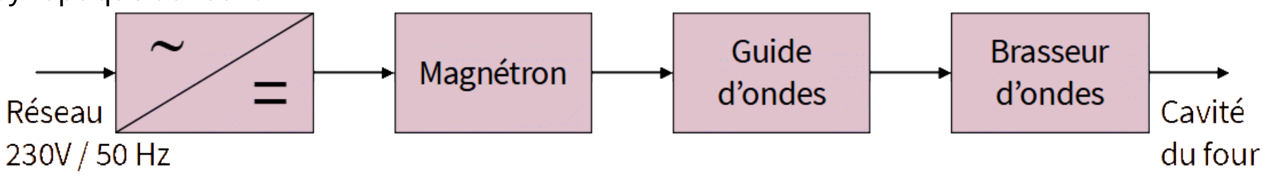
Les molécules d’eau à l’état normal sont dans le désordre. Mais lorsqu’elles sont soumises à un champ électrique, elles ont tendance à s’orienter dans sa direction.
Dans un champ électromagnétique (combinaison d’un champ électrique et d’un champ magnétique), les molécules d’eau changent donc d’orientation à la fréquence de l’onde électromagnétique.
Au-delà d’1 GHz environ, l’oscillation des molécules d’eau devient différente de l’oscillation du champ électrique des micro-ondes. Alors, des pertes diélectriques apparaissent, générant ainsi de la chaleur. Avec des fréquences trop grandes, l’onde ne pénétrait pas dans les aliments.

Objets métalliques dans un four à micro-ondes :

Il est déconseillé de mettre des objets métalliques dans un four à micro-ondes, en raisant du champ électrique produit. Aux coins anguleux et pointus du métal, des différences de champ se créent, ce qui donne lieu à des arcs électriques, similaires à un orage.
Il existe toutefois des objets métalliques spéciaux, avec des coins arrondis qui ne provoquent pas de décharges électriques, comme des cuillères.

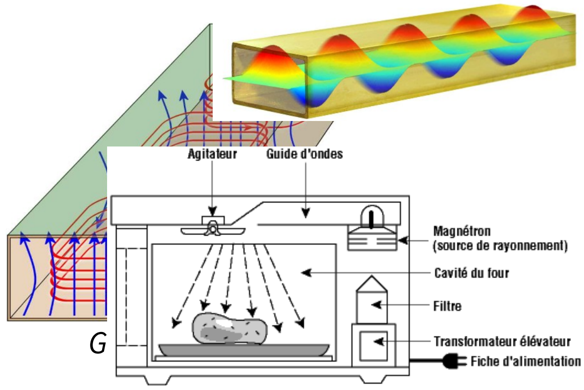
Constitution du four à micro-ondes :

Synoptique du four :




Magnétron

Un magnétron, alimenté par une très haute tension continue et fonctionnant en TOR, génère des ondes électromagnétiques à 2,45 GHz. Les ondes sont acheminées par une antenne jusqu’à un guide d’ondes qui les dirigent sur un brasseur d’ondes dont le rôle est de répartir le rayonnement dans la cavité du four.



4) Chauffage par infrarouge

<u>Définition</u> :

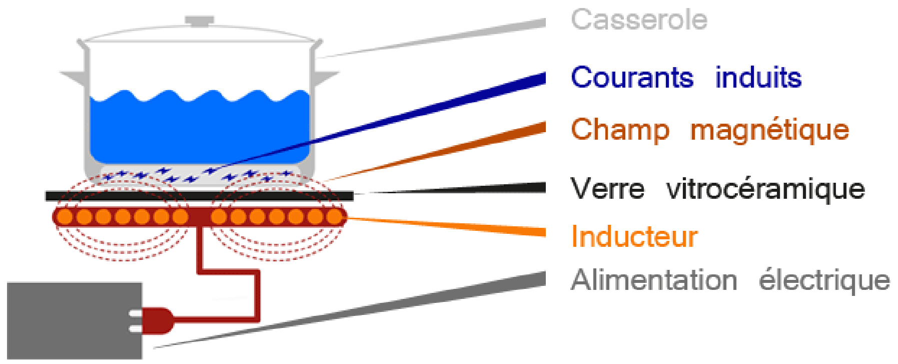
Le rayonnement infrarouge (IR) est un rayonnement électromagnétique d'une longueur d'onde supérieur à celle de la lumière visible, mais plus courte que celle des micro-ondes.
La longueur d'onde des IR est comprise entre 700 nm et 1 mm.

<u>Utilisation</u> :

L'IR est associé à la chaleur car, à température ambiante ordinaire, les objets émettent spontanément des radiations dans le domaine des IR.

5) Chauffage par induction

<u>Principe de fonctionnement</u> :



Une bobine (inducteur) alimentée en 50 Hz est parcourue par un courant alternatif de 50 Hz qui crée un champ magnétique alternatif.
La casserole (induit) soumise à ce champ magnétique variable est donc le siège des courants de Foucault, qui par effet Joule, chauffent la casserole.
À noter que les casseroles doivent être conçues à partir d'un matériau ferromagnétique, sans quoi, les casseroles à bases de cuivre par exemple, ne pourrait être chauffée.

<u>Intérêts</u> :

Il n'y a pas d'émission de chaleur ailleurs que dans la casserole. Quand l'alimentation électrique est coupée, la chauffe cesse immédiatement.
Le rendement d'une plaque à induction est assez bon, puisque compris entre 80 et 90 %.

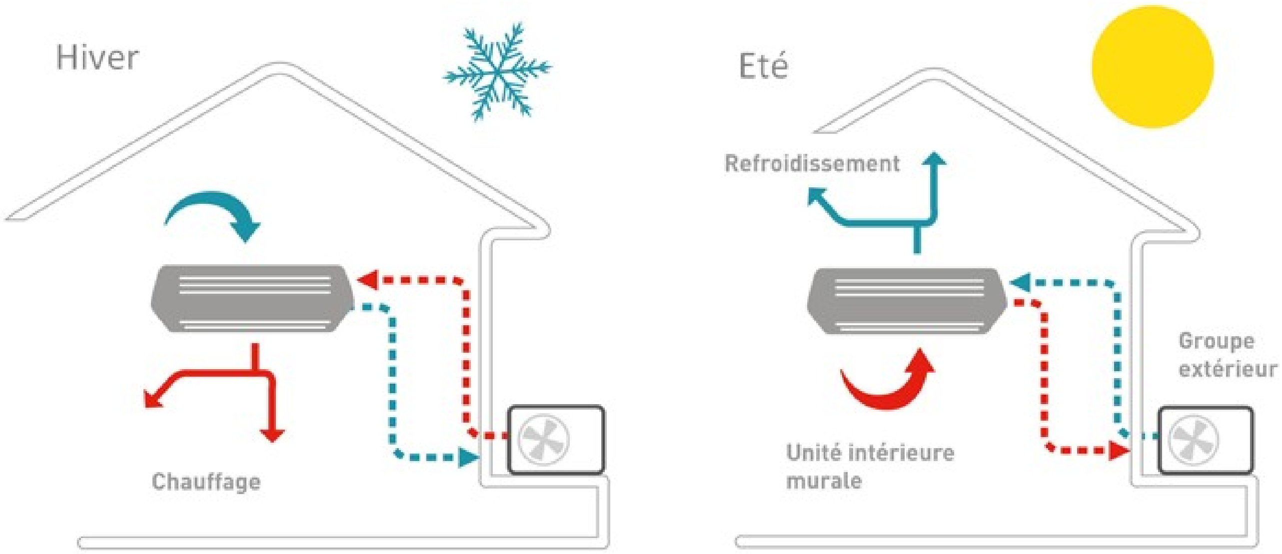
6) Pompe à chaleur

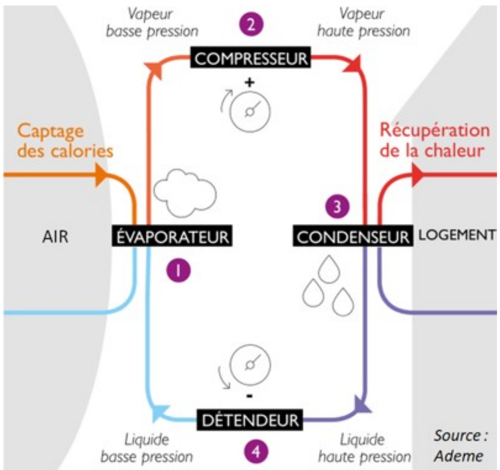
<u>Principe de fonctionnement</u> :

Il existe quatre différents type de Pompe à chaleur (PAC) :

- ⇒ PAC air / air
- ⇒ PAC air / eau
- ⇒ PAC eau / eau
- ⇒ PAC sol / eau

<u>PAC air / air</u> :



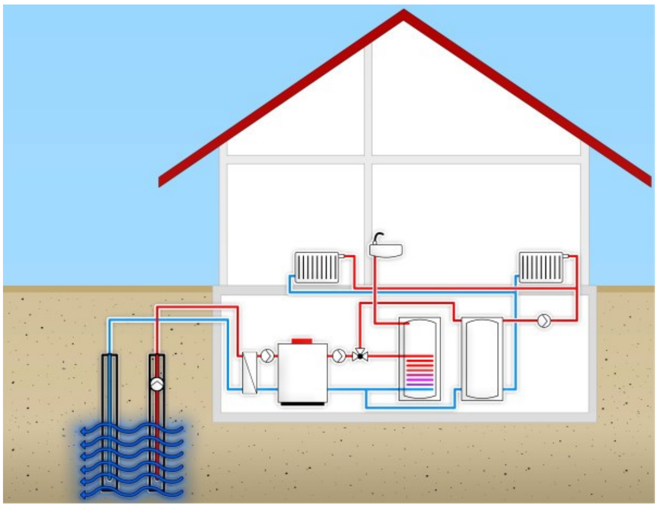


Cette pompe à chaleur est dite réversible, puisqu'elle est capable de créer du chaud, pour l'Hiver, et du froid, pour l'Été. La PAC compresse un gaz (R32, R125, R410A…), qui se réchauffe à cause des molécules qui s'excitent. C'est là le seul coût en électricité. Un ventilateur disperse les pertes de chaleur, au niveau des tuyaux, vers la pièce à chauffer. Ensuite, il faut faire refroidir le gaz, à l'aide d'un détendeur, laissant aux molécules plus de place, comblés par la chaleur.

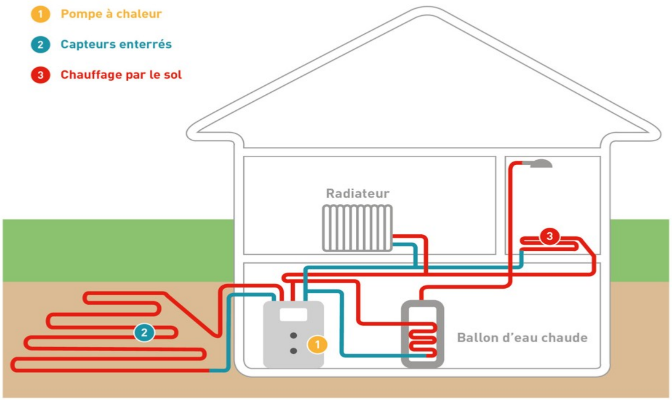
Pour récupérer les calories de l'air extérieur, il faut que le gaz soit plus froid que l'air extérieur. Ainsi, le gaz se réchauffera de quelques degrés, suffisant à obtenir les calories nécessaires. Quant à la récupération de la chaleur, il faut que le gaz soit plus chaud que l'air du logement.

Le principe de la **PAC air / eau** est similaire, à ceci près qu'il n'y a plus de ventilateur au niveau du condensateur, mais un tube d'eau sanitaire, collé au condensateur.

PAC eau / eau :



Cette fois-ci, la PAC prend l'eau d'une nappe phréatique pour la réchauffer. Cette eau n'est pas potable, mais elle peut être utilisée pour les radiateurs ou le chauffage au sol. Il est quand même possible de chauffer l'eau potable, en collant les deux tuyaux pour la réchauffer. L'eau peut ensuite être ramenée dans la nappe phréatique, puisqu'elle n'a pas été contaminée.
Néanmoins, il faudra avoir une nappe phréatique à portée de main.



PAC sol / eau :

L'eau vient du réseau et elle se réchauffe à l'aide du sol extérieur. Le circuit extérieur est enterré à quelques centimètres du sol. Après l'installation, il est donc impossible de creuser le sol. De plus, il faut que le Soleil chauffe assez bien la parcelle, ce qui n'est pas toujours le cas.

Constituants :

Lors de sa vaporisation, **le fluide frigorigène ou caloporteur** emmagasine une grande quantité d'énergie sous forme de chaleur. A l'inverse, lors de la liquéfaction, le fluide rend au milieu toutes les calories absorbées précédemment.

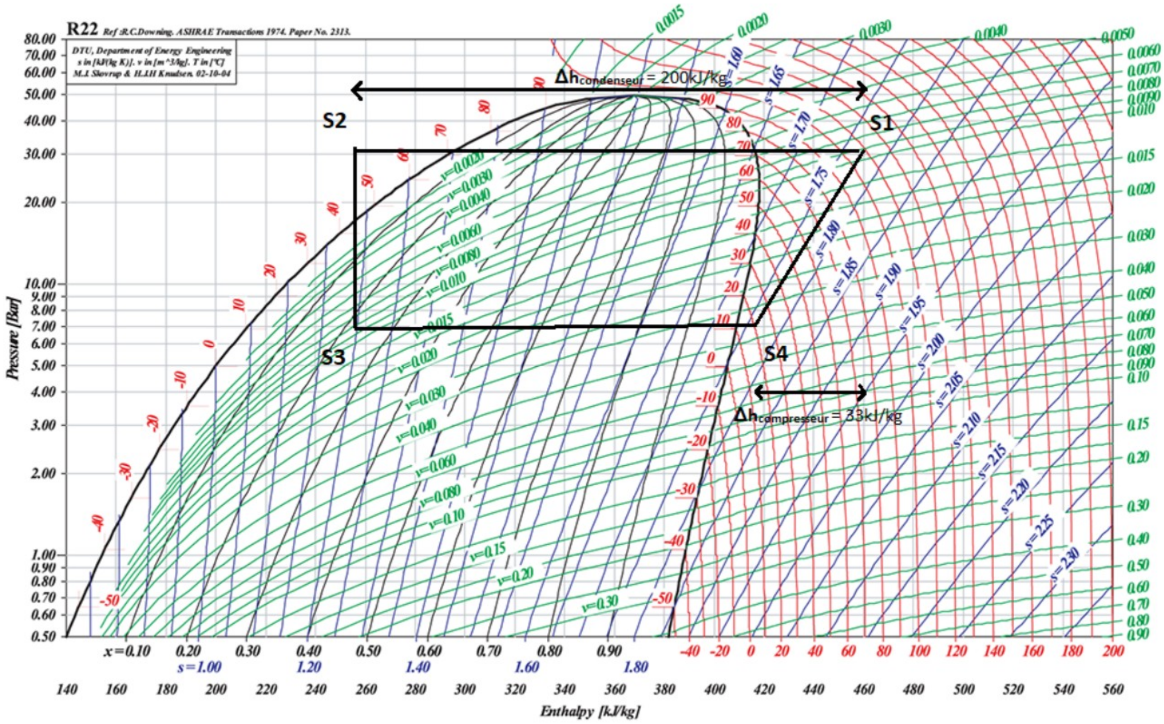
Le compresseur comprime le gaz et la pression augmente, donc aussi la température. Il lui apporte ainsi de l'énergie (travail). Il nécessite de l'énergie électrique.

Le condensateur transforme le fluide frigorigène de l'état gazeux à liquide et il cède ainsi de l'énergie. Au contact du serpentin, la vapeur se condense et l'ai se réchauffe. La condensation correspond donc à la fourniture de chaleur. La condensation a permis de rejeter dans l'air de la chaleur prélevée.

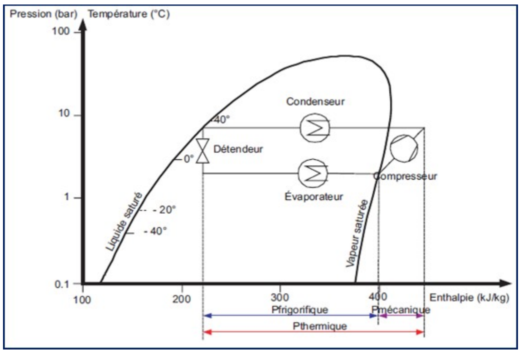
Le détendeur est un mécanisme qui fait baisser la pression du gaz, faisant ainsi diminuer la température.

Enfin, **l'évaporateur** transforme le fluide frigorigène de l'état liquide à gazeux. Il absorbe de l'énergie (chaleur).

Cycle thermodynamique :



Coefficient de performance :



Quand on parle de pompe à chaleur, on ne parle pas de rendement, mais de coefficient de performance (COP).

Il nous est donné par la formule :

$$COP = \frac{Energie\ utile}{Energie\ payante} = \frac{|Q_c|}{W}$$

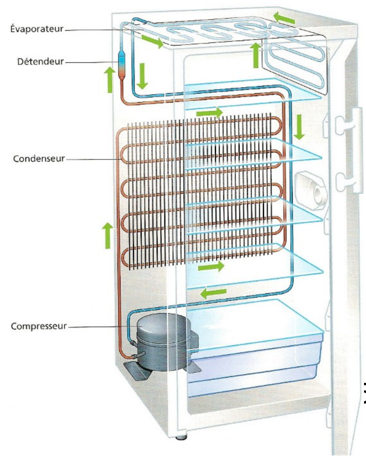
Avec la valeur absolue de l'énergie utile.

Par ailleurs, le COP est d'autant plus meilleur quand l'écart de température entre la source captée (froide) et la source chauffée (chaude) est faible. Avec :

$$COP = \frac{T_c}{T_c - T_f}$$

Avec les températures en Kelvin (K).

Système frigorifique :



Le principe est le même que pour une pompe à chaleur, mais la source chaude est à l'extérieur du système et la source froide est elle à l'intérieur du réfrigérateur.

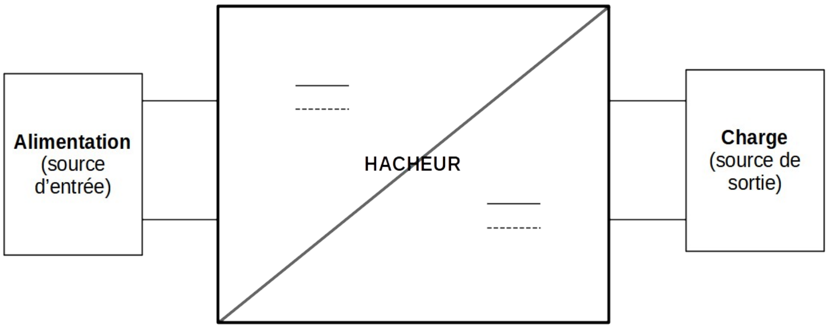
III. Convertisseurs

A) Redresseur

B) Hacheur

<u>Introduction</u> :

Le hacheur est un convertisseur continu / continu. C'est-à-dire qu'il convertit une grandeur d'entrée (tension ou courant) continue fixe, en une grandeur de sortie (tension ou courant) de valeur moyenne réglable.



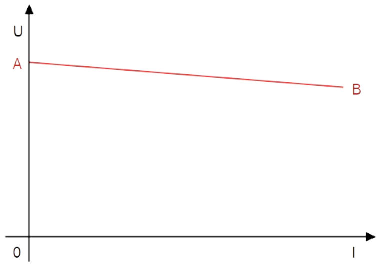
Selon le type de source d'entrée et de sortie, on choisira le type de hacheur :

⇒ hacheur série
⇒ hacheur parallèle
⇒ hacheur à accumulation inductive

Un hacheur est composé de semi-conducteurs fonctionnant en commutation (bloqué – saturé) :

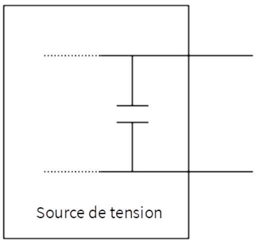
⇒ diodes
⇒ transistors bipolaires
⇒ transistors à effet de champ
⇒ IGBT
⇒ thyristors
⇒ GTO

<u>Source de tension</u> :

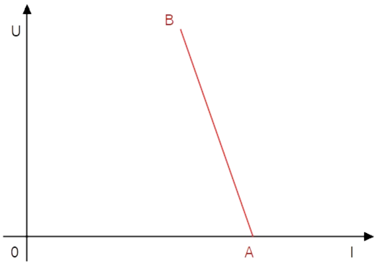


La commutation (du point A au point B) impose une variation brusque de fonctionnement. Ici, I subira de grandes variations, U ne subira pas de grandes variations.

Une source de tension ne peut pas subir de grandes variations de tension et ne peut être mise en court-circuit, mais peut être mise en circuit ouvert. C'est une source capacitive (condensateur en dérivation).

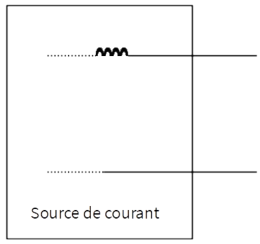


Source de courant :



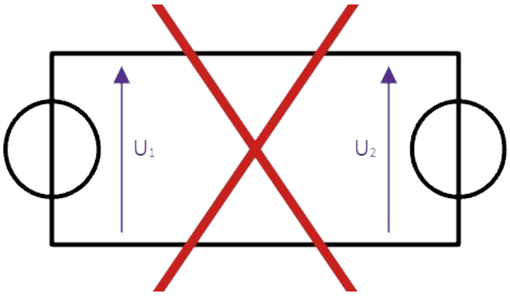
La commutation (du point A au point B) impose une variation brusque de fonctionnement. Ici, U subira de grandes variations et I ne subira pas de grandes variations.

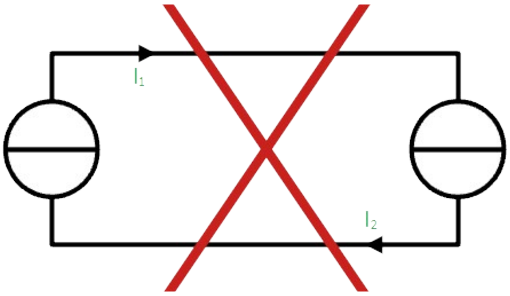
Une source de courant ne peut pas subir de grandes variations de courant et ne peut être mise en circuit ouvert, mais peut être mise en court-circuit. C'est une source inductive (bobine en série).



Association de sources :

Deux sources de même nature ne peuvent pas être associées.





Il faut associer deux sources de natures différentes.

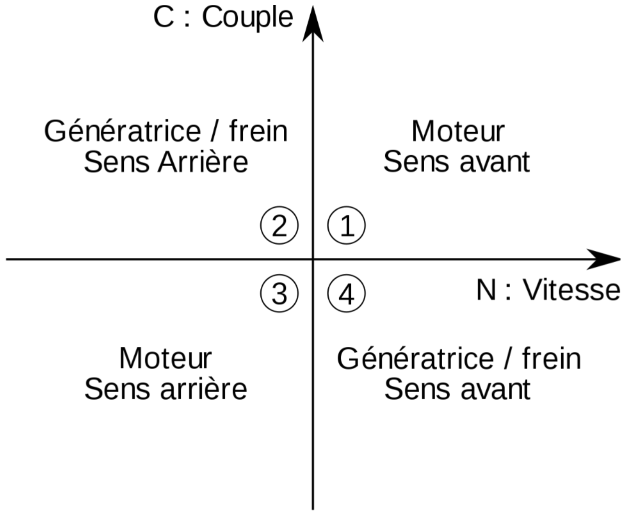
1) Hacheur série

Le hacheur série est composé de deux interrupteurs. La charge peut être soit en charge, soit en roue libre. Le hacheur conduit de 0 à αT.

2) Hacheur parallèle

3) Hacheur 4 quadrants

Comme son nom l'indique, ce hacheur est divisé en quatre quadrants :



Ce hacheur est réversible en courant et la charge qui est couplé est souvent une machine à courant continu, pouvant tourner dans un sens et dans l'autre.

C) Onduleur

grgd

D) Transformateurs

grgd

E) Gradateur

grgd

IV. Moteurs

A) Électromagnétisme

B) Moteur À Courant Continu

grgd

C) Moteur À Cage D’écureuil

grgd

D) Machine Asynchrone

Grgd

E) Machine Synchrone

grgd

F) Moteur Brushless

grgd

G) Moteur Dahlander

FIGURE 5: MOTEUR DAHLANDER

Définition :

Le moteur Dahlander dispose de deux vitesses de rotation, par couplage d’enroulement ou couplage de pôles. Il possède deux bobinages par phase, que nous pouvons coupler en parallèle (une paire de pôles) ou en série (deux paires de pôles).

Deux bobinages en parallèle :

En associant deux bobinages en parallèle, leurs actions vont se superposer et ils se comporteront comme n’étant qu’un seul enroulement. Le moteur tournera donc à sa vitesse maximale.

Deux bobinages en série :

En associant deux bobinages en série, on double le nombre de paire de pôles. La vitesse du moteur est donc divisée par deux.

INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

I. <u>LANGAGE C / C</u>$^{++}$

A) <u>Les Fondamentaux</u>

Caractères utilisés :

& :
| :

&& :
|| : ou, l'opération marche comme un +

Opérateurs	
&	ET
|	OU
^	OU exclusif

MATHÉMATIQUES

Table des matières

I. INTRODUCTION

A) Mm

Il existe plusieurs branches liées aux mathématiques.

II. ALGÈBRE

A) Mm

grgd

B) Algèbre Relationnelle

Théorie des bases de données relationnelles.

C) Espaces Vectoriels

Espaces vectoriels (dimensions, produits scalaires...)

III. ANALYSE

A) Mm

grgd

B) Intégrales

1) Sommes de Riemann

Définition :

Les sommes de Riemann sont des sommes finies approchant des intégrales. Elles permettent de calculer numériquement des aires sous la courbe des fonctions ou des longueurs d'arcs.

2) Intégrales de Riemann

Définition :

L'intégrale de Riemann permet de définir l'intégrale d'une fonction réelle, en calculant l'aire sous la courbe.

3) Dérivées

Définition :

$$f'(x)=\frac{d}{dx}f(x)=\lim_{h\to 0}\frac{f(x+h)-f(x)}{h}$$

4) Primitives

Définition :

Une primitive d'une fonction f(x) est la fonction F(x), telle que $F'(x)=f(x)$. Dans une intégrale, leur relation est $\int f(x)dx=F(x)+C$.

Formules :

Fonction	Primitive	Intervalle
$f(x)=a$	$F(x)=ax+C$	$\Re$

$f(x)=x$	$F(x)=\frac{x^2}{2}+C$	$\Re$
$f(x)=x^n$	$F(x)=\frac{x^{n+1}}{n+1}+C$	$\Re$
$f(x)=\frac{1}{x}$	$F(x)=\ln(x)+C$	] 0 ; +∞ [
$f(x)=\frac{1}{x^n}$ avec $n\neq 1$	$F(x)=\frac{-1}{(n-1)x^{n-1}}+C$	] -∞ ; 0 [ou] 0 ; +∞ [
$f(x)=\frac{1}{\sqrt{x}}$	$F(x)=2\sqrt{x}+C$	] 0 ; +∞ [
$f(x)=\sin(x)$	$F(x)=-\cos(x)+C$	$\Re$
$f(x)=\cos(x)$	$F(x)=\sin(x)+C$	$\Re$
$f(x)=e^x$	$F(x)=e^x+C$	$\Re$

5) Intégration par parties

6) Calcul d'intégrale

7) Variable aléatoire continue

8) Intégrales de Lebesgue

9) Intégrales de contour

En analyse complexe, l'intégration de contour est une technique de calcul d'intégrale, le long de chemins sur le plan complexe.

10) Intégrales de Darboux

<u>Définition</u> :

L'intégrale de Darboux est construite à partir des **intégrales de Darboux inférieure** et **supérieure**, elles-mêmes définies soit avec les **sommes de Darboux**, soit avec des fonctions en escalier.

C) Analyse Complexe

1) Série de Laurent

grgd

IV. <u>ARITHMÉTIQUE</u>

A) Mm

grgd

V. <u>CALCUL</u>

A) Nombres Complexes

1) Nombres complexes

2) Interprétation des nombres complexes

grgd

3) Forme trigonométrique des nombres complexes

4) Forme complexe des transformations

VI. CRYPTOLOGIE

A) Mm

grgd

VII. Équations / Inéquations

A) Équations Différentielles

grgd

VIII. Fonctions

A) Fonctions Affines

grgd

B) Fonctions Trigonométriques

Grgd

C) Limites

grgd

D) Continuités

Grgd

E) Développements Limités

grgd

F) Fonctions Périodiques

grgd

IX. <u>GÉOMÉTRIE</u>

A) Mm

grgd

X. Logique mathématique / Métamathématique

A) Formule Propositionnelle

XI. Mathématiques discrètes

A) Mm

grgd

XII. <u>PROBABILITÉS</u>

A) Probabilité Conditionnelle

grgd

B) Loi Binomiale

grgd

C) Schéma De Bernoulli

grgd

XIII. STATISTIQUES

A) Mm

grgd

XIV. Suites et récurrences

A) Mm

grgd

XV. Systèmes dynamiques

A) Mm

grgd

XVI. THÉORIES

A) Théorie Des Groupes

Indice des sous-groupes.

B) Théorie De Mesure De Lebesgues

XVII. THÉORIES DES NOMBRES

A) Mm

grgd

B) Théorème De Densité De Tchebotariov

XVIII. <u>Théories mathématiques</u>

A) Mm

grgd

B) Théorie Des Graphes

<u>Définition</u> :

Un graphe est un couple $G=(S, A)$ comprenant deux ensembles :

- S : **sommets**
- A : **arêtes**, chacune étant associée à un couple $A=(u, v)$ ou une paire $\{u, v\}$ de sommets avec $u, v \in A$

Il existe plusieurs types de graphes :

- Graphe **non orienté** : les arêtes n'ont pas d'orientation
- Graphe **orienté** : les arêtes sont appelées **arcs** et ont une **orientation de u vers v**
- Graphe **mixte** : avec des arêtes ou des arcs (mélange des deux précédents)
- Graphe **simple non orienté** : il n'y a qu'une seule arête par paire de sommets distincts et aucune arête entre un sommet et lui-même. $G=(V, E)$ avec V un ensemble non vide de sommets et E un ensemble de parties de V à deux éléments (les arêtes) avec $E \subseteq \{\{x, y\} | x, y \in V\}$ (l'ensemble des arêtes E est un sous-ensemble de tous les couples possibles $\{x, y\}$ de sommets de V telles que x et y appartiennent à V).
- Graphe **simple orienté** : les arêtes sont remplacées par des arcs. $G=(V, A)$ avec V un ensemble non vide de sommets et A une partie du produit cartésien $V \times V$ représentant les arcs avec $E \subseteq \{(x, y) | x, y \in V\}$.
- Graphe **orienté acyclique ou DAG** : les arcs ne font pas de boucle
- Graphe **pondéré ou valué** : chaque arête associe son poids

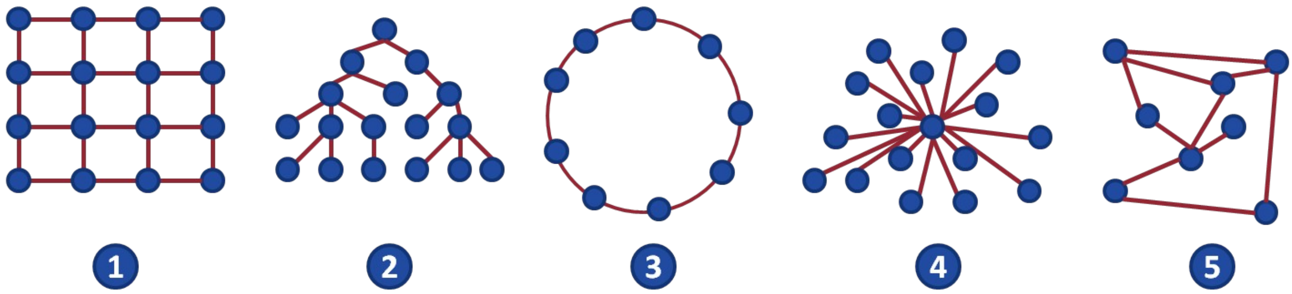
<u>Degré</u> :

Le **degré** d'un sommet v, noté **deg(v)**, est le nombre d'arêtes qui le touche. Dans un graphe orienté, on note :

- **degré entrant** $deg^-(v)$: nombre d'arcs entrant
- **degré sortant** $deg^+(v)$: nombre d'arcs sortant
- **degré total** $deg(v) = deg^-(v) + deg^+(v)$

On a $\sum_{v \in V} deg(v) = 2|E|$ avec E le nombre d'arêtes.

Topologie :



Il existe trois grandes familles de graphes et cinq catégories :

- **Structurés**
  - **Homogènes (1)** : les sommets et les arêtes reproduisent un schéma régulier. Le plus commun est celui de type matriciel, dit « mesh ».
  - **Hiérarchiques (2)** : les sommets s'arrangent en couches hiérarchisées et pyramidales.
  - **Cycliques (3)** : des cycles sont présents dans le graphe.
  - **Polaires (4)** : les sommets sont rattachés à un seul sommet, appelé pôle
- **Quelconques (5)** : aucune propriété ne semble émerger.
- **Multipolaires** : architecture mixte entre les graphes centralisés et décentralisés.

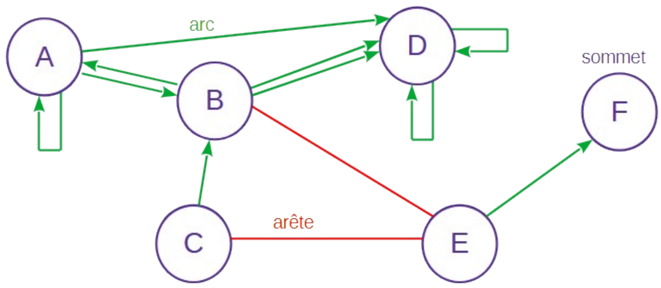
1) Matrice d'adjacence

Définition :

Pour un graphe fini à n sommets, c'est une matrice de dimension $n \times n$ dont l'**élément non diagonal** $\mathbf{a_{ij}}$ est le nombre d'arêtes ou d'arcs liant le sommet i au sommet j. L'**élément diagonal** $\mathbf{a_{ii}}$ est le nombre de boucles au sommet i.

Exemple :

	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**
A	1	1	0	1	0	0
B	1	0	0	2	1	0
C	0	1	0	0	1	0
D	0	0	0	2	0	0
E	0	1	1	0	0	1
F	0	0	0	0	0	0



On remarque que les arêtes ont une symétrie par rapport à la diagonale principale. Les points sur la diagonale principale représentent une boucle sur le sommet.

2) Matrice des degrés

Définition :

La matrice des degrés est la matrice diagonale, qui contient sur sa diagonale, le degré de chaque sommet. La matrice des degrés D de G est la matrice carrée $n \times n$ définie par : $D_{i,j} := \begin{Bmatrix} deg(v_i)\, si\, i=j \\ 0\, sinon \end{Bmatrix}$ Donc, seule la diagonale principale est remplie.

3) Matrice Laplacienne

Définition :

La matrice laplacienne d'un graphe G non orienté et non réflexif est définie par $L = D - A$ avec D la matrice des degrés de G et A la matrice d'adjacence de G.
On a alors $L_{i,j} := \begin{Bmatrix} deg(s_i)\, si\, i=j \\ -x\, sinon \end{Bmatrix}$ avec x le nombre d'arêtes reliant directement i à j.

La matrice laplacienne a une **interprétation algébrique**, ce qui rend son analyse spectrale possible. La **matrice $D^{-1}A$** correspond à l'opérateur de diffusion sur le graphe.

Graphe pondéré :

Pour un graphe pondéré, la formule devient :

$$(L)_{i,j} := \begin{Bmatrix} \boldsymbol{deg(s_i) = \sum_{k=1}^{n} p(s_i, s_k)}\, si\, i=j \\ \boldsymbol{-p(s_i, s_j)}\, si\, i \neq j\, et\, (s_i, s_j) \in A \\ \boldsymbol{0}\, sinon \end{Bmatrix}$$

4) L’algorithme de Dijkstra

Définition :

L’algorithme de Dijkstra est un algorithme permettant de connaître le chemin le plus court entre les différents sommets. Il est utilisé dans les graphes orientés pondérés.

5) L’algorithme de Bellman-Ford

Définition :

L’algorithme de Bellman-Ford est un algorithme permettant de connaître le chemin le plus court depuis un sommet source donné dans un graphe orienté pondéré. Contrairement à celui de Dijkstra, cet algorithme permet l’utilisation d’arcs de poids négatif, permettant ainsi la détection d’un circuit absorbant.

Avec $d[t,k]$ la distance du sommet source de s à t avec un chemin qui contient au plus k arcs.
On a $d[t,0]=+\infty$ pour $t \neq s$ et $d[s,0]=0$
Et $d[t,k]=min[d[t,k-1], min_{arc(u,t)}(d[u,k-1]+poids(u,t))]$
L’algorithme calcule les valeurs $d[t,k]$ par valeur de k croissante. La distance de s à t est $d[t,|S|-1]$.

La complexité est en $O(|S||A|)$ où $|S|$ est le nombre de sommets et $|A|$ est le nombre d’arcs. Cela correspond à une complexité en $O(|S^3|)$ pour un graphe simple dense.

XIX. <u>TOPOLOGIE</u>

A) Mm

grgd

XX. TRAITEMENT DU SIGNAL

A) Transformée De Laplace

grgd

B) Transformée En Z

1) Introduction

<u>Séries entières</u> :

On appelle série entière de la variable x, toute série de terme général $u_n = a_n x^n$, c'est-à-dire toute expression de la forme :

$$\sum_{n=0}^{+\infty} a_n x^n = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n + \ldots$$

Sur tout intervalle où elle est convergente, cette série a pour somme une fonction.

On appelle rayon de convergence le plus petit nombre R positif, tel que pour tout $|x| < R$, la série $\sum_{n=0}^{+\infty} a_n x^n$ converge.

<u>Problématique</u> :

On dispose d'outils adaptés à l'étude de signaux analogiques :

- les séries de Fourier (quand le signal est périodique)
- les transformées de Fourier (quand le signal n'est pas périodique)
- les transformées de Laplace (quand le signal est causal)

L'utilisation de plus en plus fréquente de calculateurs numériques nécessite la manipulation de signaux discrets. Pour l'étude de tels signaux discrets, l'analogue de la transformée de Laplace est la transformée en z.

Comme la transformée de Laplace peut servir à résoudre des équations différentielles, la transformée en z permet de trouver la valeur d'une suite définie par une relation de récurrence. Plus généralement, la transformée en z a les mêmes applications pour les signaux à temps discret que la transformée de Laplace, pour des signaux causaux à temps continu.

<u>De la transformée de Laplace à la transformée en z</u> :

Soit f(t) un signal causal, alors sa transformée de Laplace est :

$$F(s) = \int_0^{+\infty} e^{-st} f(t)\, dt$$

On effectue les changements suivants :

- Dans cette expression, si le temps a été échantillonné, la variable t se transforme en nT_e avec T_e la période d'échantillonnage.
- ds qui représente la distance entre deux valeurs successives.
- La fonction f(t) se transforme en la suite f(n).
- s, qui était un nombre réel, devient un nombre complexe. On le remplace par x + jy.
- Ainsi, e^{-sn} se transforme en $e^{-sn} = e^{-(x+jy)n} = (e^{x+jy})^{-n} = z^{-n}$.
- Enfin, l'intégrale se transforme en somme.

Son expression est alors la suivante :

$$F(z) = \sum_{n=0}^{+\infty} f(n) z^{-1}$$

2) Transformée en z

De la transformée de Laplace à la transformée en z :

La transformée en z de $f(nT_e)$ est la fonction de la variable complexe :

$$F(z) = \sum_{n=0}^{+\infty} f(nT_e) z^{-1}$$

3) Transformée des signaux usuels

La suite échelon-unité U(n) :

La suite échelon-unité est définie par U(n) = 1, pour tout $n \in \mathbb{N}$. Si $f(n)=U(n)$ alors :
$\forall z \in \mathbb{C}, |z|>1, F(z)=Z(U)(z)=\frac{z}{z-1}$

La suite de Dirac δ(n) :

La suite de Dirac est définie par δ(0) = 1 et δ(n) = 0 si $n \in \mathbb{N}^{'*'}$. Si f(n) = δ(n), alors :
$\forall z \in \mathbb{C}, F(z)>1, F(z)=Z(\delta)(z)=1$

La suite de Dirac décalée δ(n) :

La suite de Dirac décalée est définie par $\delta_k(k) = 1$ et $\delta_k(n) = 0$ si n ≠ k. Si $f(n) = \delta_k(n)$ alors :
$\forall z \in \mathbb{C}, F(z)>1, F(z)=Z(\delta_k)(z)=z^{-k}$

La suite exponentielle e(n) :

Soit $a \in \mathbb{C}$. La suite exponentielle est définie par $f(n)=a^n U(n)$ alors :
$\forall z \in \mathbb{C}, |(z)|>1, F(z)=\frac{z}{z-a}$

La suite nU(n) :

Soit la suite définie par $f(n)=n U(n)$ alors :
$\forall z \in \mathbb{C}, |(z)|>1, F(z)=\frac{z}{(z-1)^2}$

Méthode :

Pour calculer la transformée en z d'un signal discret, on se reportera au tableau de conversion et à l'ensemble des propriétés.

4) Propriétés de la transformée en z

La linéarité :

Soit f(n) et g(n) deux signaux échantillonnés de transformée en z respectives F et G. Alors, pour tout $z \in \mathbb{C}$ tel que les deux transformées soient définies en tout $\lambda \in \mathbb{R}$, la transformée en z de f + λg est F + λG : $Z(f+\lambda g)=Z(f)+\lambda Z(g)$

Retard :

Soit f(n) un signal échantillonné dont la transformée en z est F(z). La transformée en z du signal échantillonné retardé de m est : $f(n-m) \rightarrow z^{-m} F(z)$

Avance :

Soit f(n) un signal échantillonné dont la transformée en z est F(z). La transformée en z du signal échantillonné avancé de m est : $f(n+m) \rightarrow z^{m}\left(F(z)-\sum_{p=0}^{m-1} f(p) z^{-p}\right)$

On peut retenir que : $f(n+1) \rightarrow z(F(z)-f(0))$ et $f(n+2) \rightarrow z^{2}\left(F(z)-f(0)-\frac{1}{2} f(1)\right)$

Produit de convolution :

Soit f(n) et g(n) deux signaux échantillonnés. Le produit de convolution de f par g est :

$$f * g(n)=\sum_{k=0}^{n} f(k) g(n-k)$$

Soit f(n) et g(n) deux signaux échantillonnés de transformée en z respectives F et G. Alors, pour tout $z \in \mathbb{C}$ tel que les deux transformées soient définies. La transformée en z de f * g est F x G.

$$Z(f * g)=Z(f) \times Z(g)$$

Théorème de la valeur initiale et de la valeur finale :

Soit f(n) un signal échantillonné dont la transformée en z est F(z). On a alors :

$\lim_{z \rightarrow+\infty} F(z)=f(0)$ Théorème de la valeur initiale

$\lim_{z \to 1} (1 - \frac{1}{z}) F(z) = \lim_{n \to +\infty} f(n)$ Théorème de la valeur finale

5) Transformée en z inverse

Définition :

On peut, à partir de la transformée en zF(z) d'un signal échantillonné f(n), retrouver l'original. On dit que f(n) est la transformée en z inverse de F(z) et on note : $f(n) = Z^{-1} F(z)$

Méthode :

Pour obtenir à partir de la transformée en z les signaux originaux, il faut décomposer l'expression de la fonction en morceaux semblables à ceux apparaissant dans le tableau des conversions. En particulier comme somme de fractions dont le dénominateur est de la forme $(z-a)^n$.

6) Résolution d'équations récurrentes

Définition :

Les équations récurrentes, également appelés équations aux différences, sont les relations reliant les signaux discrets en entrée et sortie d'un système. Elles apparaissent aussi lors de la discrétisation d'équations différentielles ou équations aux dérivées partielles.

Soit le système numérique « entrée / sortie » :

Sa fonction de transfert H(z) initialement au repos est $S(z) = H(z) E(z) \Leftrightarrow H(z) = \frac{S(z)}{E(z)}$

Equation récurrente d'ordre 1 :

On applique la transformée en z à l'équation récurrente. On isole l'expression de Y(z) qui est la transformée en z de la suite y(n) cherchée. On cherche alors l'original de Y(z) pour avoir une expression de y(n).

Équation récurrente d'ordre 2 :

On applique la transformée en z à l'équation récurrente. On isole l'expression de Y(z) qui est la transformée en z de la suite y(n) cherchée. On cherche alors l'original de Y(z) pour avoir une expression de y(n).

7) Discrétisation d'équations différentielles

Rappel :

Le taux d'accroissement d'une fonction en t_0 est $\tau(h)=\frac{f(t_0+h)-f(t_0)}{h}$

A la limite $h\rightarrow 0$, on obtient le nombre dérivé de f en t_0 (s'il existe) :

$$f'(t_0)=\lim_{h\rightarrow 0}\frac{(f(t_0+h)-f(t_0))}{h}$$

Méthode :

On échantillonne la fonction f à la période T et on pose $y(n)=f(nT)$.

On a alors $f'(nT)\simeq\frac{f(nT+T)-f(nT)}{T}=\frac{f((n+1)T)-f(nT)}{T}=\frac{y(n+1)-y(n)}{T}$

L'approximation étant d'autant plus meilleure que $T\rightarrow 0$. De la même façon, on peut approximer la dérivée seconde : $f''(nT)\simeq\frac{f((n+1)T)-f'(nT)}{T}=\frac{y(n+2)-2y(n+1)+y(n)}{T^2}$

Ces méthodes d'approximation, très utilisés de nos jours, sont aussi connues sous le nom de méthode des « différences finies ».

8) Tableau des conversions

Signal échantillonné f(n)	**Transformée en z**	**Domaine**
$\delta(n)$	1	$\mathbb{C}$
$\delta_k(n)$	z^{-k}	$\mathbb{C}$¿
$U(n)$	$\frac{z}{z-1}$	$\lvert z\rvert>1$
$nU(n)$	$\frac{z}{(z-1)^2}$	$\lvert z\rvert>1$
$a^n U(n)$	$\frac{z}{z-a}$	$\lvert z\rvert>\lvert a\rvert$
$\cos(n\omega)U(n)$	$\frac{z^2-z\cos(\omega)}{z^2-2\cos(\omega)z+1}$	$\lvert z\rvert>1$
$\sin(n\omega)U(n)$	$\frac{z\sin(\omega)}{z^2-2\cos(\omega)z+1}$	$\lvert z\rvert>1$
$a^n\cos(n\omega)U(n)$	$\frac{az\cos(\omega)}{z^2-2\cos(\omega)az+a^2}$	$\lvert z\rvert>\lvert a\rvert$
$a^n\sin(n\omega)U(n)$	$\frac{az\sin(\omega)}{z^2-2\cos(\omega)az+a^2}$	$\lvert z\rvert>\lvert a\rvert$
$f*g(n)$	$F(z)\times G(z)$	Selon F et G
$f(n+1)$	$z(F(z)-f(0))$	Selon F
$f(n+2)$	$z^2(F(z)-f(0)-\frac{1}{z}f(1))$	Selon F
$f(n+m)$	$z^m(F(z)-\sum_{p=0}^{m-1}f(p)z^{-p})$	Selon F
$f(n-m)$	$z^{-m}F(z)$	Selon F

XXI. Trigonométrie

A) Mm

grgd

MÉCANIQUE

I. Blabla

A) Mm

grgd

PHYSIQUE APPLIQUÉE

I. Mécanique

A) Géométrie Élémentaire De L'espace

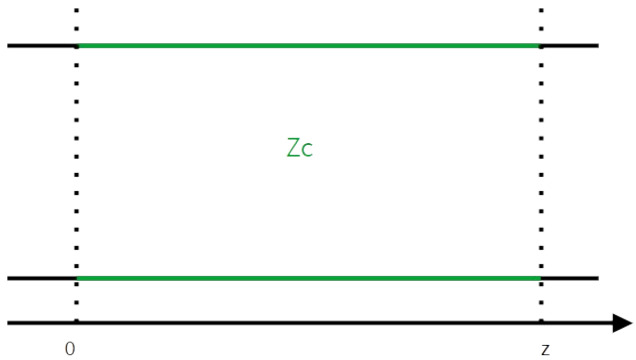
Produit vectoriel :

II. <u>PROPAGATION GUIDÉE</u>

A) <u>Propagation Sur Les Lignes De Transmission</u>

<u>Propagation sur les lignes de transmission</u> :

Dans le cas d'une ligne d'impédance caractéristique Zc excitée par une onde sinusoïdale de pulsation ω, la résolution des équations des télégraphistes obtenue à partir du schéma électrique équivalent à un tronçon de ligne de longueur Δz faible, permet de montrer que la tension et le courant le long de cette ligne s'expriment :



$$\underline{V}(z,t)=V_1 e^{j\omega t-\sqrt{2}}+V_1 e^{j\omega t+\sqrt{2}}$$
$$\underline{I}(z,t)=\frac{V_1}{Z_c}e^{j\omega t-\sqrt{2}}-\frac{V_1}{Z_c}e^{j\omega t+\sqrt{2}}$$

FIGURE 6: LIGNE DE TRANSMISSION OUVERTE

avec $V_i(z)=V_i e^{-\gamma z}$: la tension incidente

$V_r(z)=V_r e^{\gamma z}$: la tension réfléchie (*si présente*)

Zc : l'impédance caractéristique de la ligne

$\gamma=\alpha+j\beta$: la constante de propagation

α : la constante d'atténuation

β : le déphasage linéique (en rad/m)

Dans le cas particulier d'une ligne sans perte (α = 0), on a $\gamma=j\beta=j\frac{\omega}{v}=j\frac{2\pi}{vT}=j\frac{2\pi}{\lambda}$.

avec ν : la vitesse de propagation de l'onde

λ : la longueur d'onde (distance parcourue par l'onde pendant une période)

Dans ces conditions, la tension et le courant de la ligne s'expriment :

$$V(z)=V_i e^{-j\beta z}+V_r e^{j\beta z} \qquad I(z)=\frac{V_i}{Z_c}e^{-j\beta z}-\frac{V_i}{Z_c}e^{j\beta z}$$

avec : I(z) et V(z) : nombres complexes

$Z_c=\frac{V_i}{I_i}=\frac{-V_r}{I_r}$: réelle dans le cas d'une ligne sans perte

Impédance d'entrée d'une ligne de transmission de longueur l fermée sur une charge Z_L :

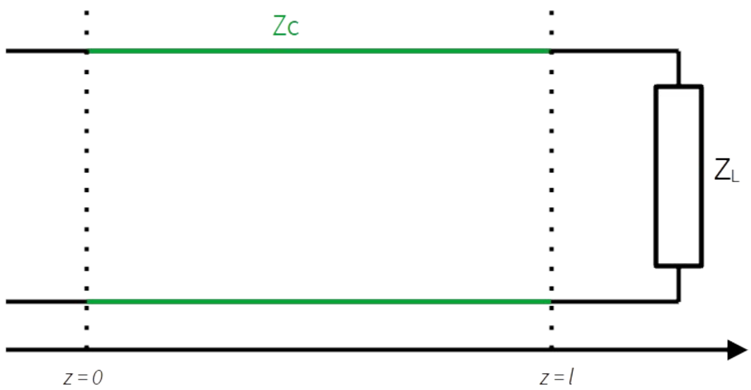


FIGURE 7: LIGNE DE TRANSMISSION FERMÉE

Il n'y aura pas de propagation guidée si et seulement si $l \ll \lambda$.

Dans le cas d'une ligne avec des pertes : $Z_e = Z_c \dfrac{Z_L + Z_C \tanh(\gamma l)}{Z_C + Z_L \tanh(\gamma l)}$

Dans le cas d'une ligne sans perte : $Z_e = Z_c \dfrac{Z_L + jZ_C \tan(\beta l)}{Z_C + jZ_L \tan(\beta l)}$

Cas particuliers :

- Ligne avec pertes fermées sur Z_c : $Z_e = Z_c$
- Ligne sans perte court-circuitée à son extrémité : $Z_e = j Z_c \tan(\beta l)$ purement imaginaire.
- Ligne sans perte en circuit ouvert : $Z_e = -j Z_c \cot(\beta l)$

Remarque :

- Si $\tan(\beta l) = 0$, alors $Z_e = Z_L$ et si Z_L est réelle, alors Z_e sera réelle. Cas particulier obtenu pour $\beta l = k\pi$ soit $l = k\lambda/\pi$ (ligne demi onde)
- Si $\tan(\beta l) \rightarrow \infty$, alors $Z_e = \dfrac{Z_c^2}{Z_L}$ et si Z_L et Z_c sont réelles, alors Z_e sera réelle. Cas particulier obtenu pour $\beta l = (2k+1)\pi/2$ soit $l = (2k+1)$ (ligne quart d'onde)

Coefficient de réflexion en tension :

On peut définir que quel que soit z :

$Z(z)=\frac{V(z)}{I(z)}$: impédance ramenée en z

$\Gamma(z)=\frac{V_r(z)}{I_i(z)}$: coefficient de réflexion en tension

On retrouve alors que $\Gamma(z)=\frac{Z(z)-Z_c}{Z(z)+Z_c}$

Remarques :

- En z = l (*en extrémité de la ligne*), $\Gamma(z)=\Gamma_L=\frac{Z_L-Z_c}{Z_L+Z_c}$, or si $Z_L=Z_c$, alors $\Gamma_L=0$ et la ligne est adaptée. Par conséquent, il n'y a pas d'onde réfléchie, on parle alors d'onde progressive.
- Dans le cas d'une ligne sans perte, $|\Gamma(z)|=|\Gamma_L|$, indépendant de z.

Taux d'Onde Stationnaire (TOS) :

Selon la valeur de l'impédance de charge Z_L, l'amplitude de la tension sinusoïdale varie en fonction de la position z, le long de la ligne. On définit alors le TOS, comme le rapport entre l'amplitude maximale et l'amplitude minimale de cette tension. Plus le TOS est grand, moins la ligne est adaptée. La ligne est adaptée pour TOS = 1.

Il est alors possible de montrer que $TOS=\frac{|V_{max}|}{|V_{min}|}=\frac{1+|\Gamma_L|}{1-|\Gamma_L|}$

Cas particuliers :

- Cas le plus défavorable : la ligne est court-circuitée à son extrémité $Z_L=0$ donc $\Gamma_L=-1$ et $TOS\rightarrow\infty$.
- La ligne est en circuit ouvert $Z_L\rightarrow\infty$ donc $\Gamma_L=1$ et $TOS\rightarrow\infty$
- La ligne est adaptée $Z_L=Z_c$ donc $\Gamma_L=0$ et $TOS=1$. Pas d'onde réfléchie, l'amplitude de la tension est constante le long de la ligne.

B) Paramètres S

Introduction :

Les paramètres S ont été créés pour caractériser les dispositifs hyperfréquences ou micro-ondes. En effet, aux fréquences micro-ondes, on ne peut pas mesurer les grandeurs conventionnelles que sont les tensions V et les courants I. Seules les ondes de puissance incidentes ou réfléchies notées a et b ou les rapports b/a sont accessibles à la mesure.
Ces ondes de puissance sont définies par rapport à une impédance de référence (impédance de normalisation) qui est généralement l'impédance caractéristique réelle Z_c des lignes de connexion. C'est également l'impédance interne des appareils de mesure.

Normalisation :

Pour une ligne de transmission, le coefficient de réflexion est $\Gamma(z)=\frac{z-1}{z+1}$.
De même manière, on normalise les tensions et les courants incidents et réfléchis :

$$v(z)=\frac{V(z)}{\sqrt{Z_c}}=\frac{V_i(z)+V_r(z)}{\sqrt{Z_c}}=v_i(z)+v_r(z)$$

Soit $v_i(z)=\frac{V_i(z)}{\sqrt{Z_c}}=\frac{Z_c I_i(z)}{\sqrt{Z_c}}=\sqrt{Z_c}\,I_i(z)=i_i(z)$

Donc $i(z)=\sqrt{Z_c}\,I(z)=\sqrt{Z_c}\,I_i(z)+\sqrt{Z_c}\,I_r(z)=r_i(z)+i_r(z)$

Et $v_r(z)=\frac{V_r(z)}{\sqrt{Z_c}}=\frac{-Z_c I_r(z)}{\sqrt{Z_c}}=-\sqrt{Z_c}\,I_r(z)=-i_r(z)$

Définition :

On définit alors les ondes de répartition a et b comme :

$$a(z)=v_i(z)=i_i(z)$$
$$b(z)=v_r(z)=-i_r(z)$$

Donc $v(z)=v_i(z)+v_r(z)=a(z)+b(z)$ et $i(z)=i_i(z)+i_r(z)=a(z)-b(z)$

On peut écrire alors les équations suivantes, homogènes à $\sqrt{W}$:

$$a(z)=\frac{v(z)+i(z)}{2}=\frac{V(z)+Z_c I(z)}{2\sqrt{Z_c}}$$
$$b(z)=\frac{v(z)-i(z)}{2}=\frac{V(z)-Z_c I(z)}{2\sqrt{Z_c}}$$

Toutefois, la notation suivante est plus commune :

$$a=\frac{V+Z_c I}{2\sqrt{Z_c}} \quad \text{et} \quad b=\frac{V-Z_c I}{2\sqrt{Z_c}} \quad \text{avec} \quad \Gamma(z)=\frac{V_r(z)}{V_i(z)}=\frac{\sqrt{Z_c}v_r(z)}{\sqrt{Z_c}v_i(z)}=\frac{b(z)}{a(z)}=\frac{b}{a}$$

Matrice [S] :

Considérons un quadripôle Q :

avec
$$b_1=S_{11}a_1+S_{12}a_2$$
$$b_2=S_{21}a_1+S_{22}a_2$$

alors $[S]=\begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} \\ S_{21} & S_{22} \end{pmatrix}$

On définit ensuite chacun des paramètres de la matrice :

$S_{11}=\left.\frac{b_1}{a_1}\right|_{a_2=0}$ = coefficient de réflexion à l’entrée quand la sortie est adaptée.

$S_{12}=\left.\frac{b_1}{a_2}\right|_{a_1=0}$ = coefficient de transmission de la sortie vers l’entrée quand l’entrée est adaptée.

$S_{21}=\left.\frac{b_2}{a_1}\right|_{a_2=0}$ = coefficient de transmission de l’entrée vers la sortie quand la sortie est adaptée.

$S_{11}=\left.\frac{b_2}{a_2}\right|_{a_1=0}$ = coefficient de réflexion en sortie quand l’entrée est adaptée.

RÉSEAU

I. RÉSEAUX LOCAUX

A) Modèles OSI Et TCP/IP

Définition :

Norme Open System Interconnection (OSI) ou interconnexion des systèmes ouverts. Un **système ouvert** est un ordinateur, un terminal, un réseau ou n'importe quel équipement respectant cette norme et étant capable d'échanger des informations avec d'autres équipements hétérogènes.

	Modèle OSI	Modèle TCP/IP
7	Application	Application
6	Présentation	
5	Session	
4	Transport	Transport
3	Réseau	Internet
2	Liaison de Données	Accès réseau
1	Physique	

1. **Physique :**

Les protocoles de la couche physique décrivent les moyens mécaniques, électriques, fonctionnels et méthodologiques permettant d'activer, de gérer et de désactiver des connexions physiques pour la transmission de bits vers et depuis un périphérique réseau. *Par exemple les bits, avec le codage NRZ, Manchester…*

2. **Liaison de Données :**

Les protocoles de la couche liaison de données décrivent les méthodes d'échanges de trames de données entre des périphériques sur un support commun. *Par exemple CSMA/CD, adresse MAC, CRC…*

3. **Réseau :**

La couche réseau fournit des services pour échanger les parties de données individuelles sur le réseau entre des périphériques terminaux identifiés. *Par exemple : adresse IP, ICMP, IPSec…*

4. **Transport :**

La couche transport définit des services pour segmenter, transférer et rassembler les données de communications individuelles entre périphériques finaux. *Par exemple : TCP, UDP…*

5. **Session :**

La couche session fournit des services à la couche présentation pour organiser son dialogue et gérer l'échange de données.

6. **Présentation :**

La couche présentation fournit une représentation commune des données transférées entre des services de la couche application.

7. **Application :**

La couche application permet d'obtenir une connectivité de bout en bout entre des individus dans le réseau humain à l'aide de réseau de données. *Par exemple : SMTP, HTTPS, P2P, DNS, FTP…*

- **CSMA/CD** : Le CSMA permet à une station d'écouter le support physique de liaison pour déterminer si une autre station émet. Les stations écoutent les collisions grâce au CD. CSMA/CD signifie Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection.
- **Adresse MAC ou physique** : C'est un identifiant unique permanent attribué à une interface réseau. MAC signifie Media Access Control ou Contrôle d'accès au support.
- **CRC** : C'est un outil logiciel qui permet de détecter des erreurs de transmission ou de transfert, grâce à une procédure de hachage. CRC signifie Cyclic Redundancy Check ou Contrôle de Redondance Cyclique.
- **Adresse IP** : C'est un identifiant attribué à un périphérique pour permettre sa localisation et sa communication sur un réseau. Elle peut changer en fonction de la configuration du réseau et de la connexion de l'appareil.

B) Adressage IP

<u>IPv4</u> :

L'adressage IP est composé de 4 octets, soit 32 bits. Sur internet, l'adresse IP de la machine correspond à celui du routeur. L'adresse IP interne de la machine dépend du sous-réseau du routeur.

<u>Masque de sous-réseau</u> :

Le masque de sous-réseau s'écrit 255.255.0.0 ou /16, avec n représentant le nombre de 1, en partant de la gauche. Il permet de connaître les adresses des machines, en excluant la **première adresse** (qui correspond à l'**adresse du réseau**) et la **dernière adresse** (qui correspond à l'**adresse de broadcast**).

<u>Adresse de broadcast</u> :

L'adresse de broadcast permet la diffusion à toutes les machines du réseau.

C) Switch

<u>Définition</u> :

Le switch ou **commutateur réseau** fonctionne sur la couche 2 du modèle OSI, c'est-à-dire sur la couche liaison de donnée. Il permet de créer des circuits virtuels entre deux périphériques, grâce à des liens.

<u>Méthodes de transmission</u> :

Mode direct	Le switch lit l'adresse du matériel et la transmet telle quelle. Aucune détection d'erreur ne peut être réalisé.
Mode différé	Le switch met en tampon et réalise une opération de contrôle sur chaque trame, avant de l'envoyer.
Fragment free	Les paquets sont passés à un débit fixe, permettant une détection d'erreurs simplifiée.
Commutation automatique	En fonction des erreurs constatées, le switch choisit automatiquement l'un des trois modes précédent.

D) Routeur

Définition :

Le routeur fonctionne sur la couche 3 du modèle OSI, c'est-à-dire sur la couche réseau. Il permet de faire transiter des paquets d'une interface réseau vers leur destination.

1) Protocole à état de liens

Définition :

Un protocole à état de liens ou **link-state routing protocol** est une famille de protocoles de routage qui fait converger chaque nœud d'un réseau IP vers une vue cohérente de la topologie, en inondant le réseau d'annonces d'état de lien.

Les protocoles à état de liens envoient des mises à jour lorsqu'un changement de topologie se produit. Sinon, des mises à jour régulières interviennent toutes les trente secondes.

Protocole OSPF :

OSPF ou **Open Shortest Path First** (chemin le plus court d'abord) est un protocole de routage interne IP à état de liens. Les routeurs OSPF s'envoient des paquets pour détecter les voisins sur un lien. Ils échangent leur LSA[2] et construisent une base de donnée appelées LSBD. Les routeurs d'une même zone ont une LSDB identique. Ensuite, ils calculent la meilleure route à l'aide de l'algorithme de Dijkstra (voir théorie des graphes). Si un lien change d'état, un nouveau LSA est diffusé dans la zone et les routes sont recalculées.

Le protocole OSPF divise un grand réseau en plusieurs zones. La **zone 0** ou **backbone area** est le cœur du réseau OSPF. Les autres zones sont reliées à la zone 0 via des **ABR** ou **area border routers**. L'ABR permet de maintenir une LSDB distincte pour chaque zone et de distribuer les routes entre les zones.

OSPFv2 est conçu pour les adresses IPv4. L'authentification est intégrée (grâce à MD5, Cleartext…) et le transport d'adresse se fait les LSA.
OSPFv3 est conçu pour les adresses IPv6, mais peut aussi fonctionner sur la v4. L'authentification se fait via IPsec et le transport de l'adresse est séparée du protocole.

2 LSA (Link-State Advertisement) : Message d'information pour décrire l'état des liens.

2) Protocole à vecteur de distance

Définition :

Un protocole de routage à vecteur de distance permet de construire des tables de routages où aucun routeur ne possède la vision globale du réseau, la diffusion des routes se faisant de proche en proche. Le protocole manipule des vecteurs de distance vers les autres nœuds du réseau. La distance étant le nombre de saut permettant d'atteindre les routeurs voisins.

RIP :

RIP ou **routing information protocol** (protocole d'information de routage) est un protocole permettant à chaque routeur de communiquer avec les routeurs voisins, grâce à l'algorithme de Bellman-Ford. Pour chaque réseau IP, **chaque routeur conserve l'adresse du routeur voisin**, **dont la métrique est la plus faible**.

Pour éviter les boucles de routage, le nombre de sauts est limité à 15. Au-delà, les paquets sont supprimés.
RIP ne prend en compte que la distance entre deux machines, mais il ne prend pas en compte l'état de la liaison, pour choisir la meilleure BP.
Ces limitations sont corrigées dans le protocole OSPF.

II. <u>Transmission</u>

A) Codage Des Bits

1) NRZ

SCIENCE DE L'INGÉNIEUR

I. BLABLA

A) Mm

grgd

Index des figures

LEXIQUE

D

DNS : Signifie Domain Name System ou Système de Nom de Domaine. C’est un système qui permet d’associer un nom de domaine à une adresse IP.

M

MTU : Signifie Maximum Transmission Unit ou Unité de Transmission Maximale. C’est la taille maximale d’un paquet pouvant être transmis en une seule fois sur une interface.

N

NAT : Signifie Network Address Translation ou Traduction d’Adresses en Réseau. C’est une technique utilisée notamment par les fournisseurs de service internet (FAI), pour permettre le partage d’une même adresse IP publique à plusieurs appareils.

O

OSPF : Signifie Open Shortest Path First. C’est un protocole de routage interne IP de type « à état de lien ».

S

Signal causal : c’est un signal qui est nul pour $t < 0$. Il est le résultat d’une cause démarrant à $t = 0$.

Signal périodique : c’est un signal qui se répète selon une période T.

U

UDP : Signifie User Datagram Protocol ou Protocole de Datagramme Utilisateur. C'est un protocole de communication utilisé sur internet pour les transmissions sensibles au facteur temps, comme les recherches DNS ou la lecture de vidéos.