

Fonctions et composants élémentaires de l'électronique

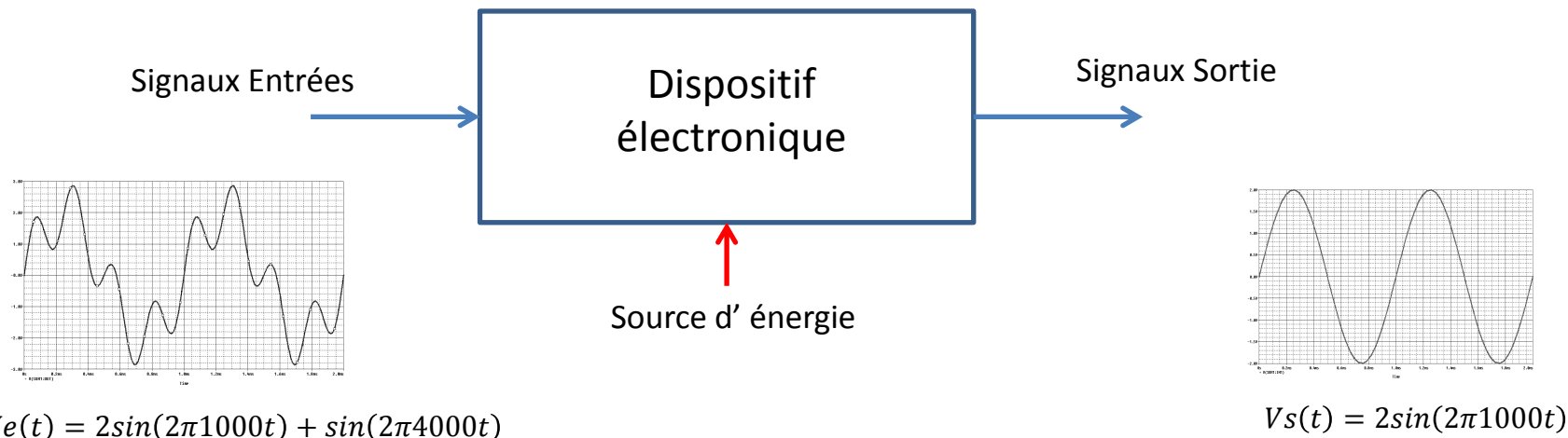
Objectifs

- Connaître les signaux usuels
 - Sinus
 - Carré , Rectangle
 - Triangle
- Découverte des grandes fonctions de l'électronique
 - Convertir énergie et alimenter
 - Amplifier
 - Interfacer
- Etude des composants passifs
 - Résistor
 - Bobine
 - Condensateur
- Connaître les symboles usuels électroniques

Généralités

● Dispositifs électroniques

- *Objectifs*: traiter , distribuer de l'information sous différentes formes
- *Les protagonistes*
 - **Signaux d'entrées**: stimule le système
 - **Source d'énergie** : nécessaire au bon fonctionnement des composants constituant le système
 - **Le dispositif**: traite les signaux d'entrée et fournit des résultats en sortie
 - **Signaux de sorties**: résultat attendu de la fonction réalisée par le système



Signaux: potentiels et de différence de potentiels

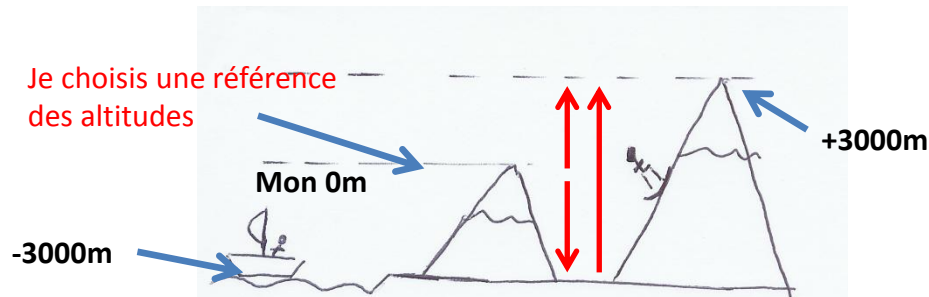
● Analogie 1

- potentiel = altitude

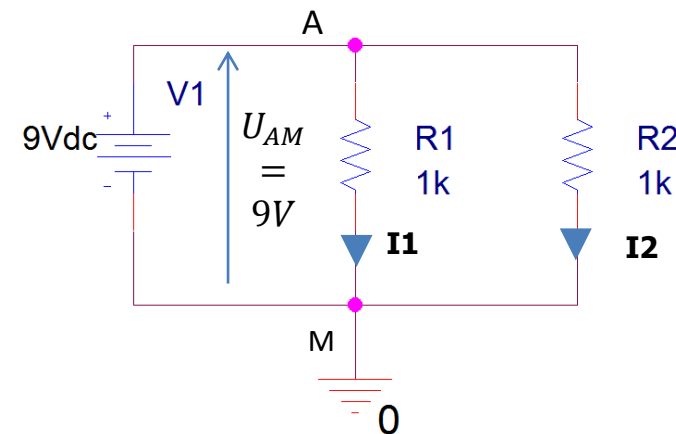


La différence de potentiels ne dépend pas de la référence choisie

Je choisis une référence des altitudes



Le téléski: c'est la pile



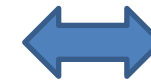
Intensité du courant I1 = débit des skieurs

Signaux: potentiels et de différence de potentiels

● Analogie 2

■ hydraulique (Jean-François Pochon)

Différence de potentiel
Intensité du courant

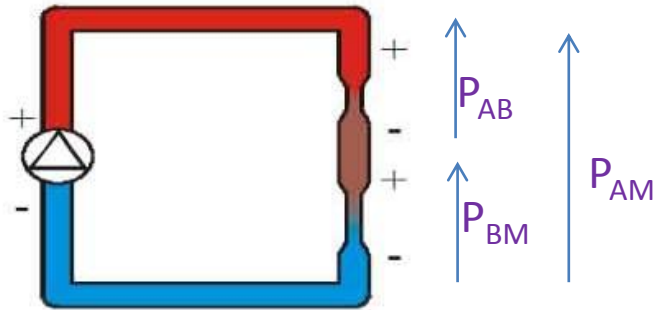


Différence de pression
Débit hydraulique

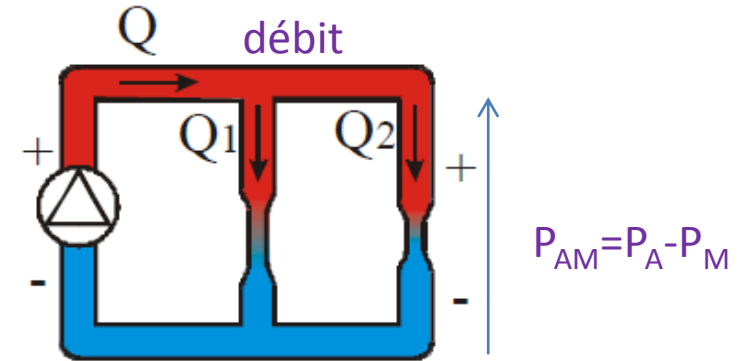
V1 9Vdc		C1 1n		V2	
R1 1k		L1 10uH		D1 DIODE	

Signaux: potentiels et de différence de potentiels

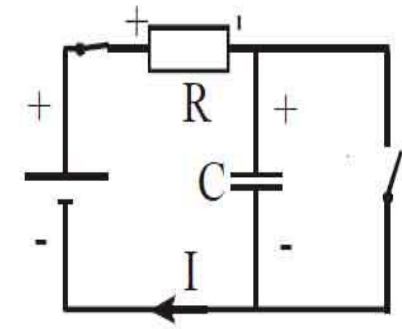
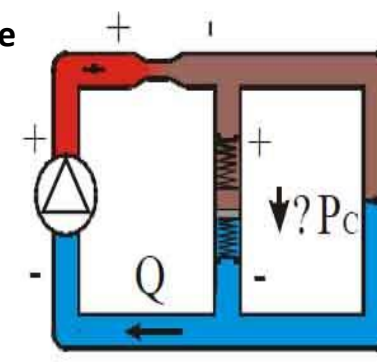
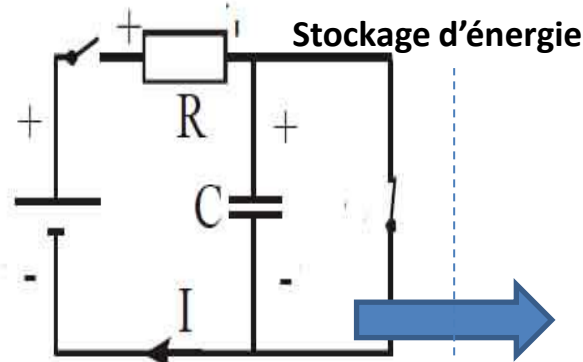
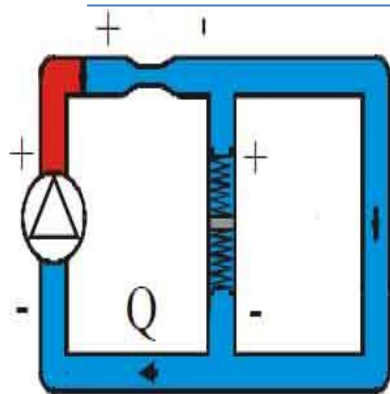
Exemples de dispositifs hydrauliques



Mise en série d'éléments résistifs



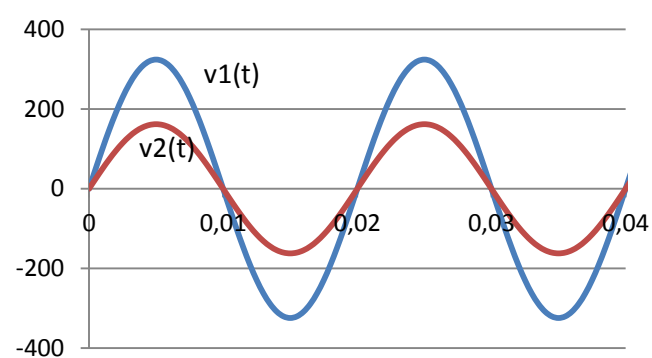
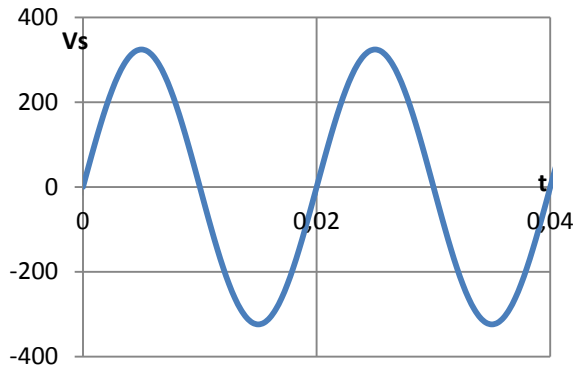
Mise en // d'éléments résistifs



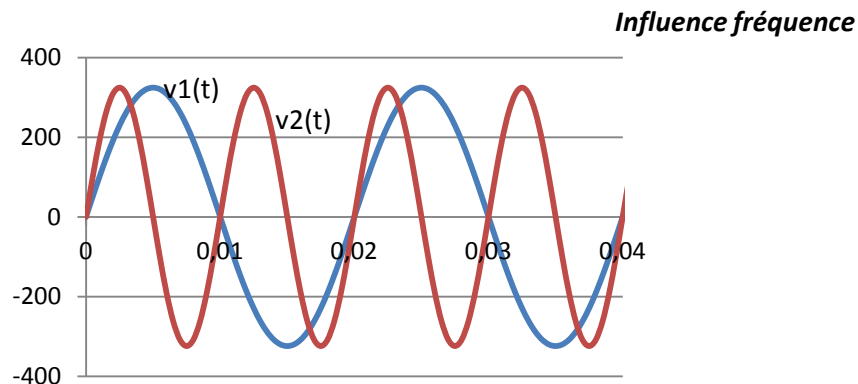
Signaux électriques usuels

Sinus

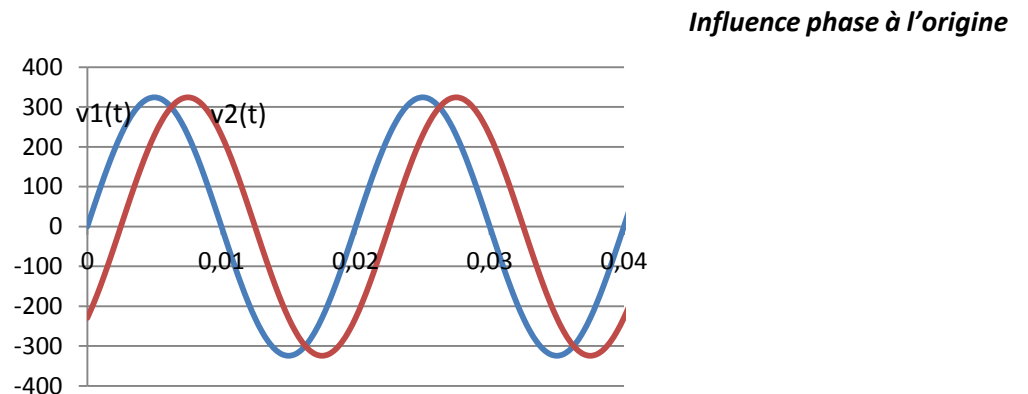
- $V(t) = V_{max} \sin(\omega t + \varphi_0)$



Influence amplitude



Influence fréquence

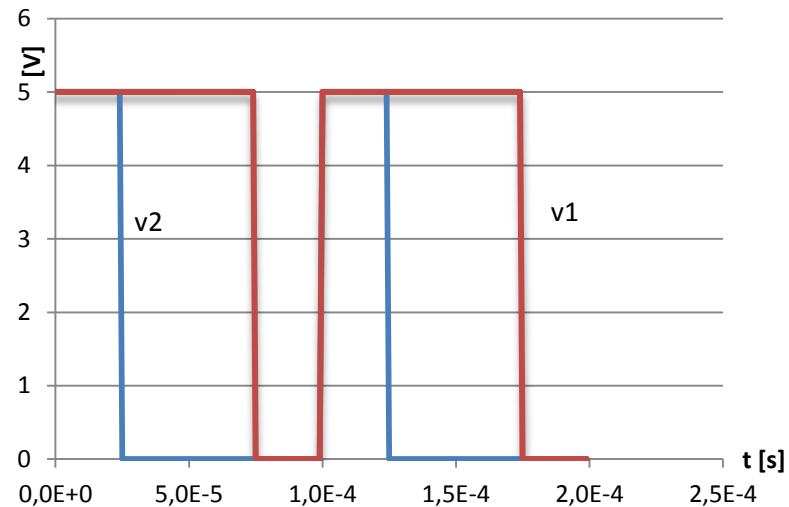
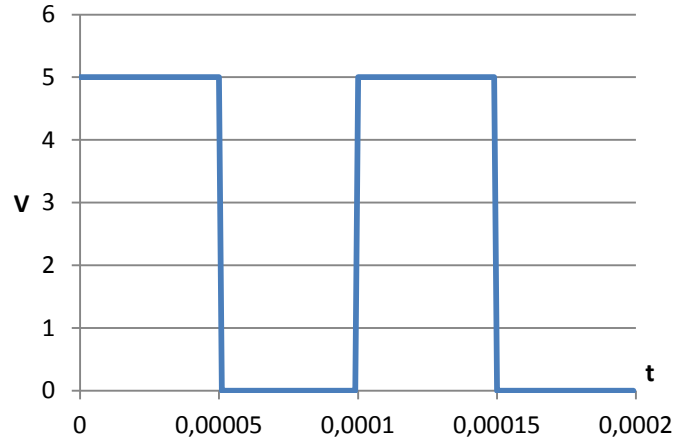


Influence phase à l'origine

Signaux électriques usuels

● Rectangle

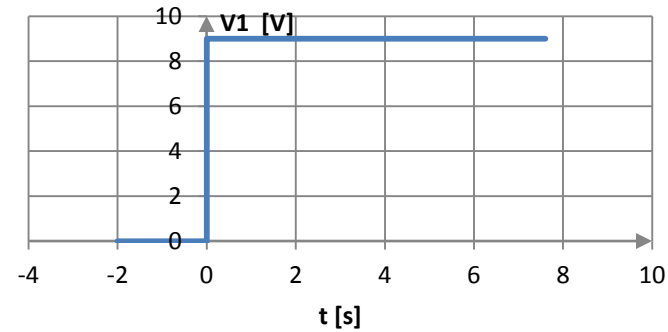
- $$\begin{cases} V(t) = V_{max} \text{ pour } t \in [0; \alpha T] \\ V(t) = V_{min} \text{ pour } t \in [\alpha T; T] \end{cases}$$



Signaux électriques usuels

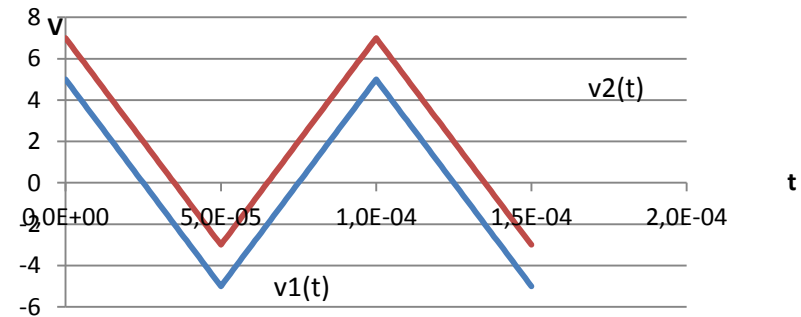
● Echelon de tension

- $$\begin{cases} V(t) = 0 \text{ pour } t < 0 \\ V(t) = V_{max} \text{ pour } t \geq 0 \end{cases}$$



● Triangle symétrique

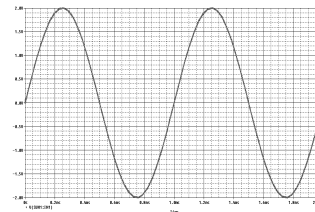
- $$\begin{cases} V(t) = -at + b \text{ pour } t \in [0; \frac{T}{2}] \\ V(t) = at + c \text{ pour } t \in [\frac{T}{2}; T] \end{cases}$$



Représentation fréquentielle

● Une même information et différentes représentations

Information: *je joue une note*



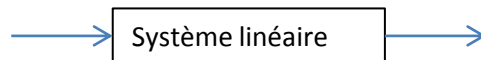
Représentation temporelle de la vibration de la corde



Représentation fréquentielle
LA= 440 Hz

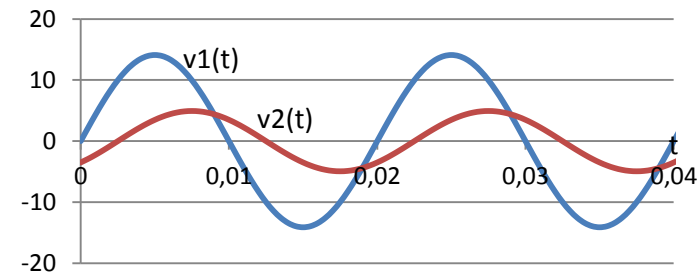
● Diagramme de Bode (**cours GE11**)

- La réponse à une excitation sinusoïdale reste sinusoïdale (système SLTI)



$$V1(t) = V_{max} \sin(\omega t)$$

$$V2(t) = \mathbf{A}(\mathbf{w}) \cdot V_{max} \sin(\omega t + \mathbf{\varphi}(\mathbf{w}))$$



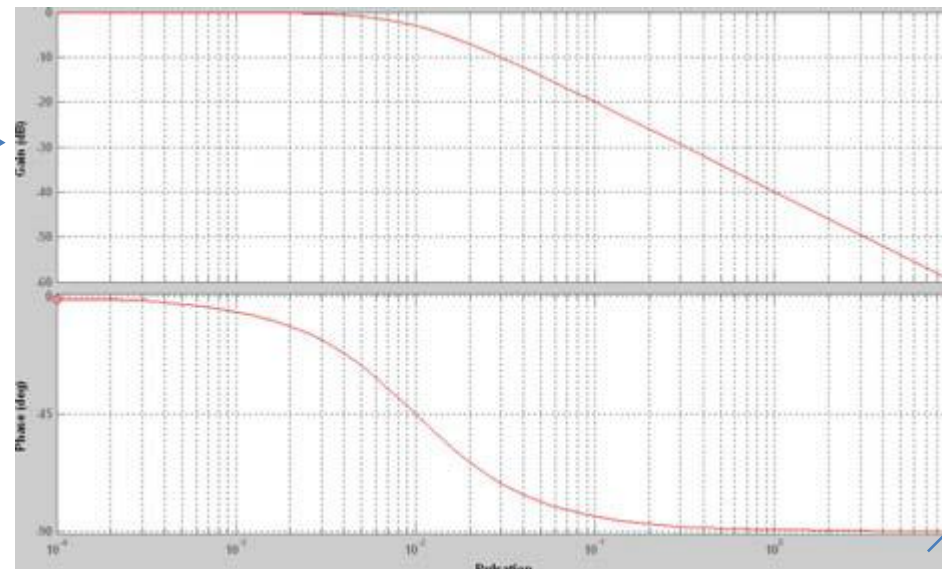
Représentation fréquentielle: Bode

- Pour différent ω (ou f) on mesure A et φ

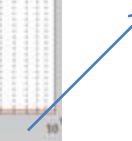
f	100Hz	200Hz	500Hz		
A	1	0,9	0,8		
φ	0°	5°	12°		

- On trace la représentation fréquentielle

$$A_{dB} = 20 \log A = 20 \frac{\ln A}{\ln 10}$$



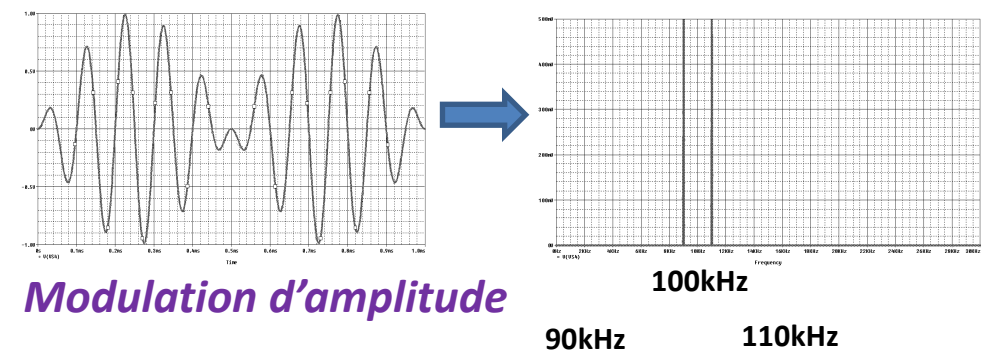
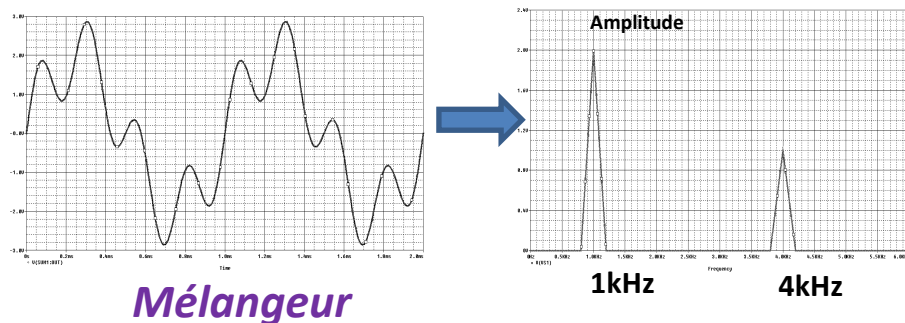
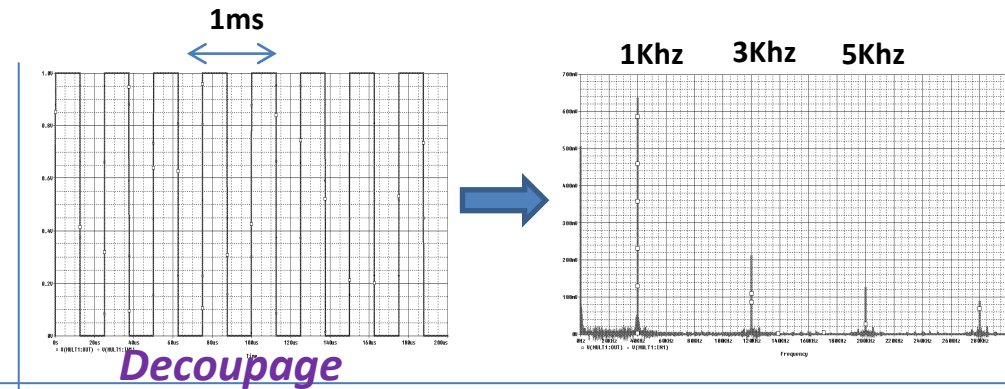
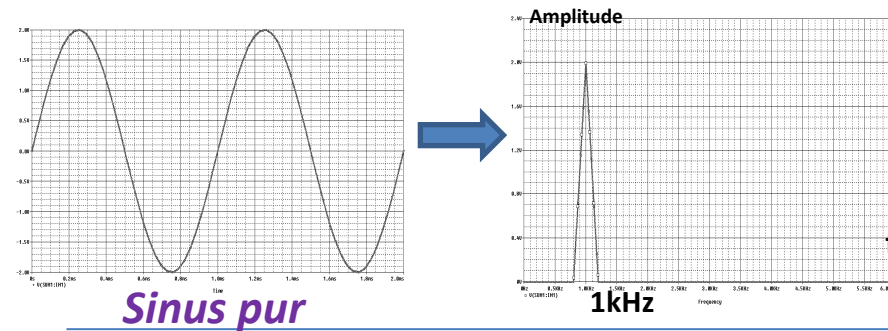
Échelle logarithmique
afin de pouvoir tracer
de grande plage de
fréquence



Représentation fréquentielle: analyse spectrale

● Spectres de fréquences (*cours En5- Math 32*)

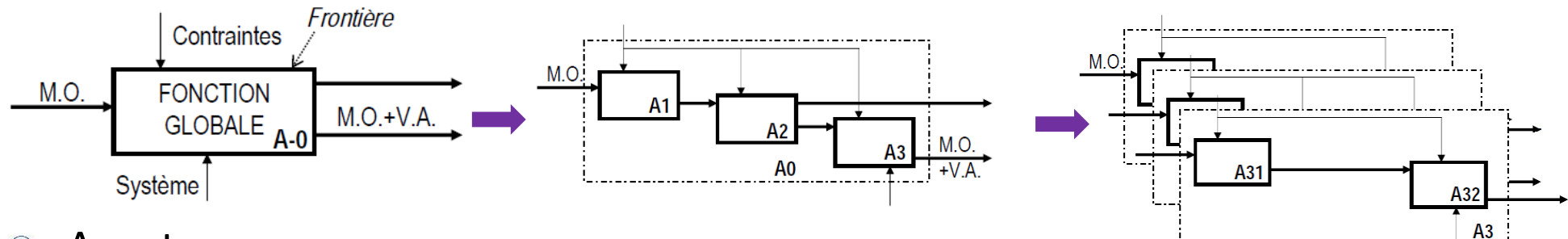
- Série de Fourier: tout signal périodique peut-être décomposé en une somme de sinus
 - $f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(n\omega t + \varphi_n)$
- Transformée de Fourier: extension des séries aux signaux non périodes
- Représentation spectrales



Découpage fonctionnel

● Décomposition en fonctions élémentaires

- Découpage d'un problème complexe en problèmes plus simples
- Approche TOP-DOWN
 - On part des fonctionnalités attendus puis on scinde le système en blocs fonctionnels
 - Les blocs fonctionnels sont à leur tour décrits sous forme plus détaillés



● Avantages

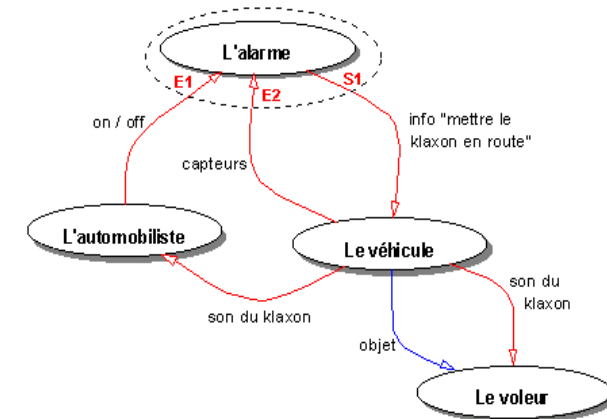
- Travail collaboratif
- Test unitaires des fonctions
- Réutilisation de blocs
 - Achat ou création d'**IP** (Intellectual Property) **cores** réutilisables.
 - Réduction du **Time To Market**.

Découpage fonctionnel

Un exemple: alarme d'accessoires

Le contexte

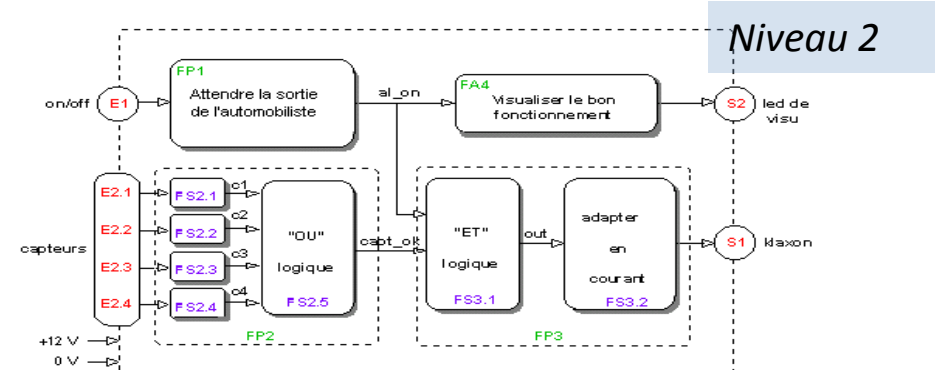
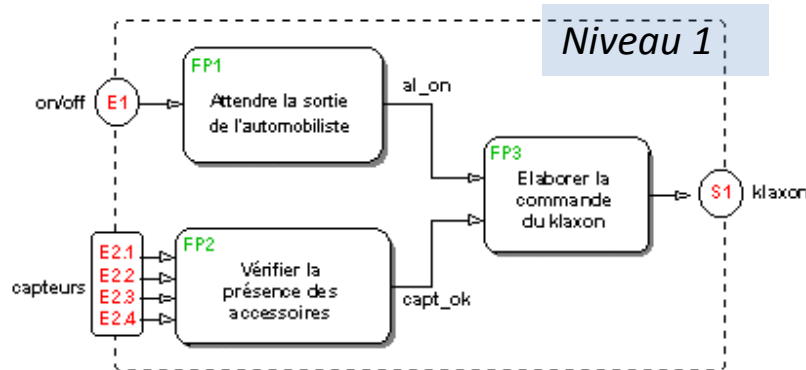
- Diagramme avec les différents acteurs
- Etablissement des liens entre les protagonistes
 - matière* : transferts physiques
 - énergie* : échanges de puissance
 - information* : contrôles, commandes, ordres,...



La fonction globale

- « L'alarme vérifie en permanence la présence des accessoires à protéger. Si elle a été placée en position "on", elle devra envoyer un ordre de commande du klaxon à l'automobile quand les conditions d'effractions sont réunies »

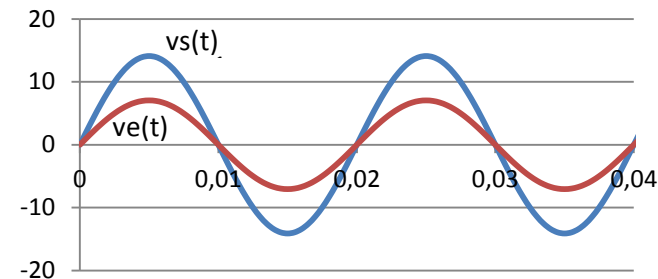
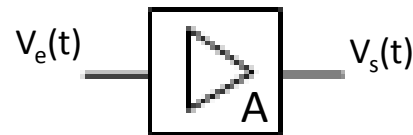
Architectures



Amplifier filtrer

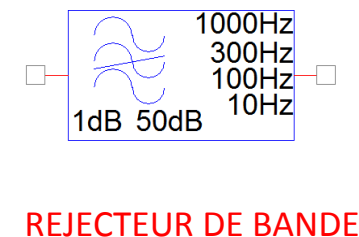
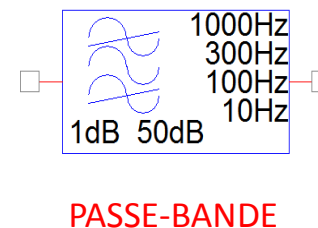
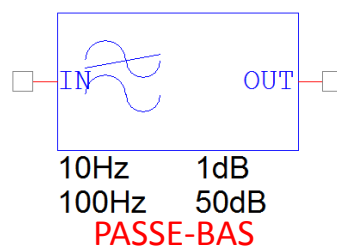
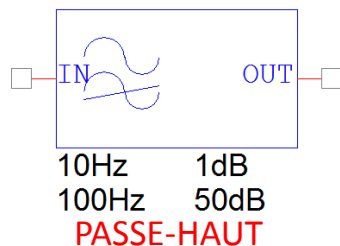
● Amplifier

- Objectif: amplifier la tension ou le courant d'entrée d'un capteur par exemple
 - Le rapport de la grandeur de sortie sur grandeur d'entrée à une fréquence donnée définit le coefficient d'amplification
 - Valide si pas de distorsion (exemple saturation)
 - Lorsque cette amplification varie en fonction de la fréquence on parle plutôt de fonction de transfert
 - Forme complexe de l'amplification: gain, phase



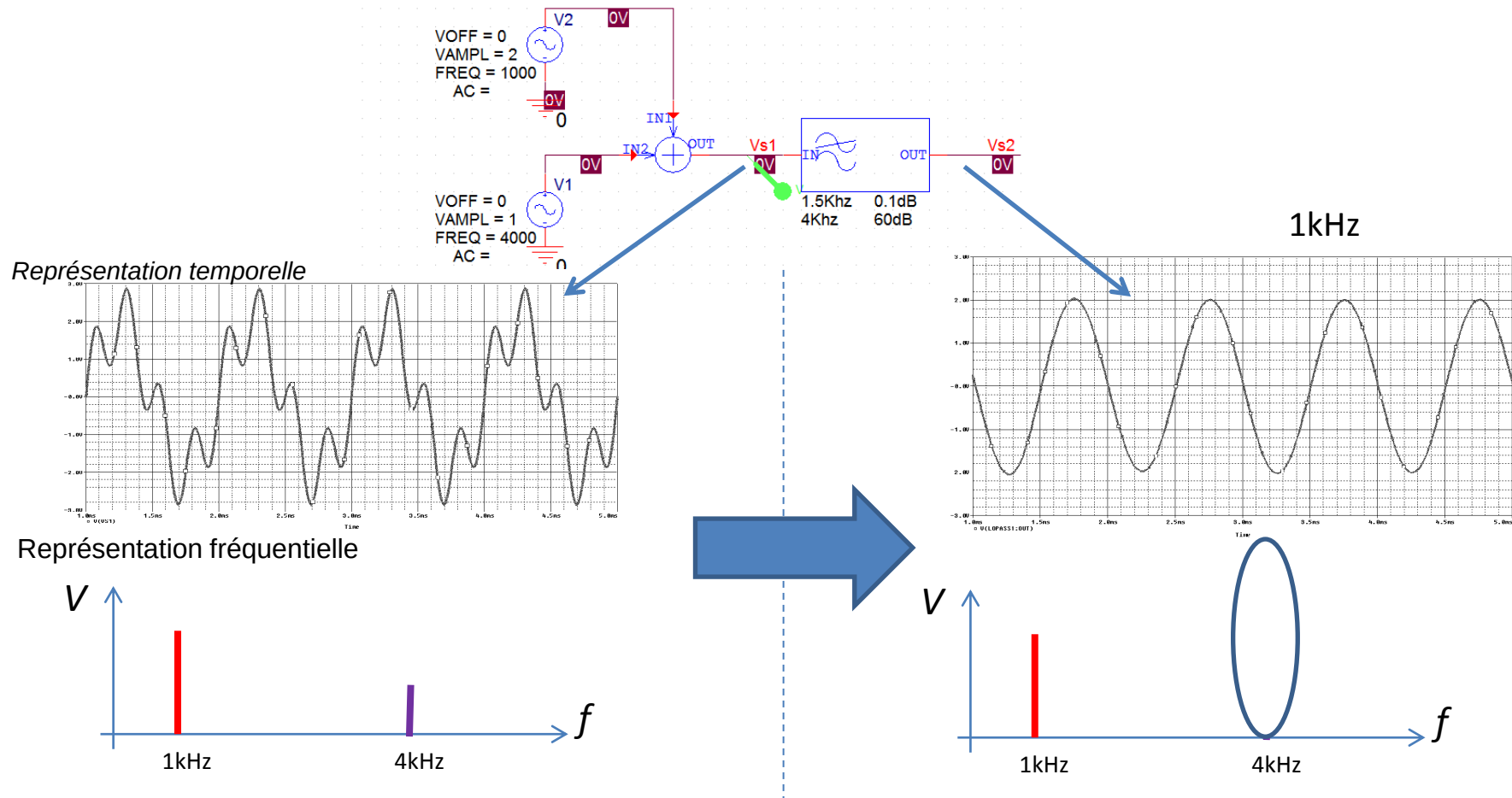
● Filtrer

- Objectif: supprimer ou conserver que certaines fréquences du signal d'entrée
- On distingue 4 grandes familles de filtrage



Amplifier filtrer

Exemple d'un filtrage passe-bas



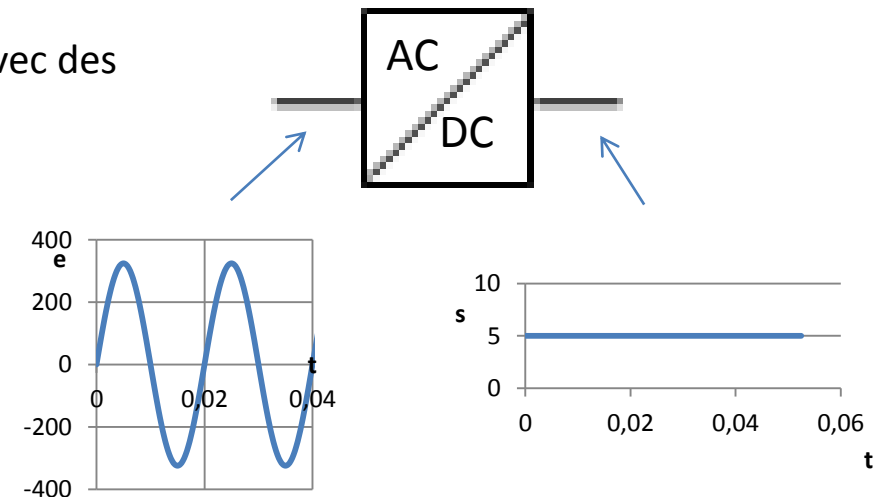
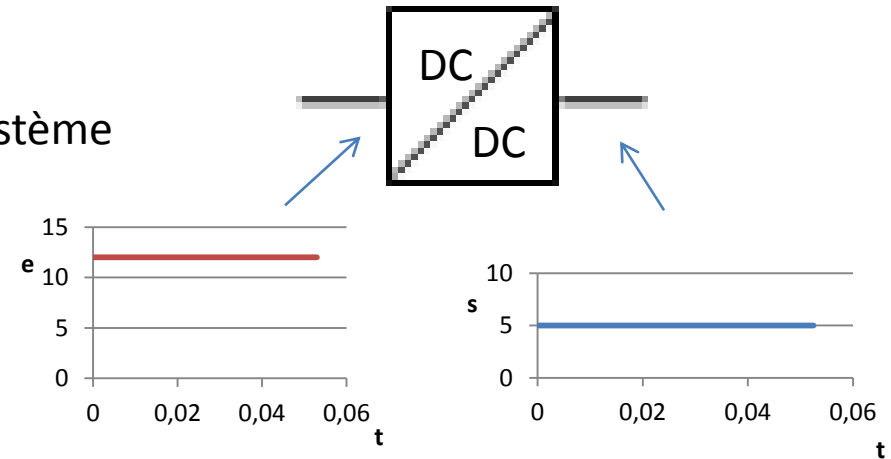
Alimenter en énergie

Objectifs:

- Utiliser et transformer la source d'énergie du système
- Obtenir une tension *CONTINUE* nécessaire :
 - à la réalisation de certaines fonctions
 - à l'alimentation des circuits intégrés
 - Tensions : 1.8, **3.3**, **5**, 9, 12, 24 V_{dc}

Deux grandes familles de conversions

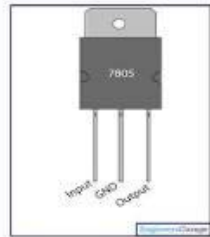
- Conversion DC-DC
 - On part du continu pour obtenir du continu mais avec des caractéristiques différentes
 - Convertisseur linéaires (1^{ème} année)
 - Convertisseur à découpages (2^{ème} année)
- Conversion AC-DC
 - On part du secteur pour obtenir du continu
 - Nécessite un assemblage de sous-fonctions



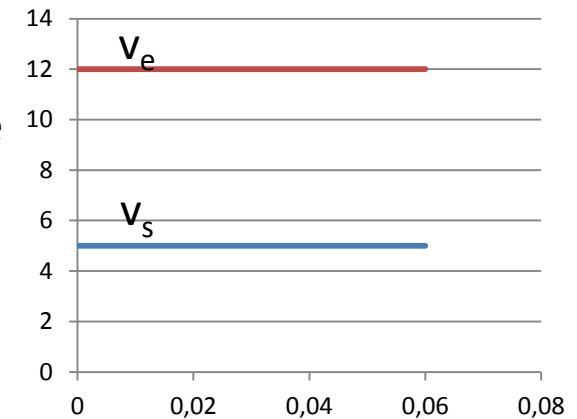
Conversion DC-DC

Réguler

- Objectif: maintenir la tension de sortie constante $\forall V_e$ et $\forall I_s$
- Bouclage de la sortie et comparaison à une tension de référence
- Composants intégrés appelé régulateur de tension
 - Régulateur linéaire

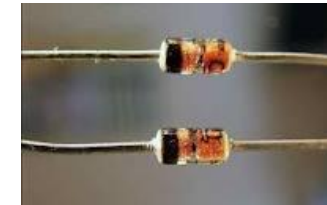


Régulateur à découpage



Stabiliser tension

- même objectif que précédemment
- Pas de bouclage (boucle ouverte)
- Utilisation de composants discrets
 - Diode zéner + filtrage éventuels

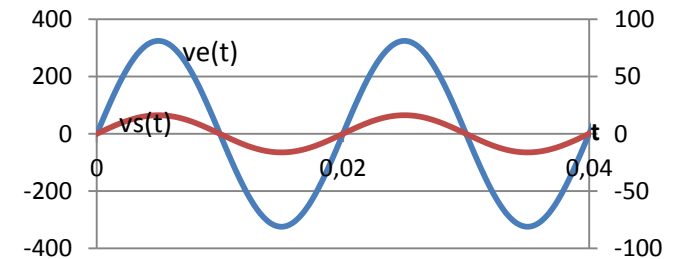
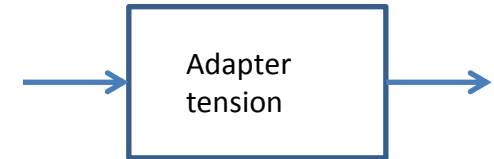
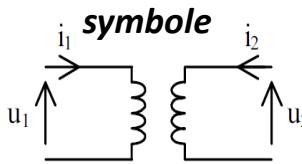


Conversion AC-DC: fonctions *secondaires*

● Adapter niveau secteur

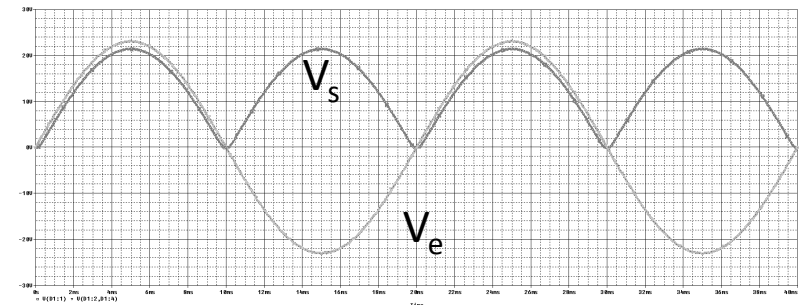
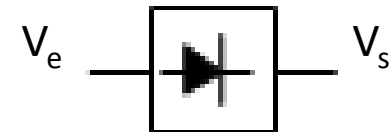
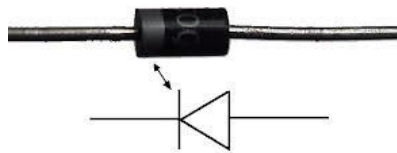
- Objectif: abaisser (en général) le niveau de tension du secteur
- Un composant privilégié
 - Le transformateur de tension

composant



● Redresser tension

- Objectif: obtenir une tension à valeur moyenne non nulle
 - Vac -> Vdc
- Un composant privilégié
 - La diode



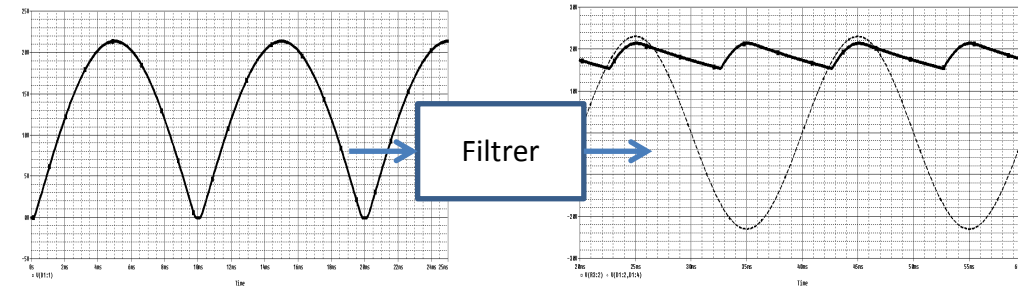
Conversion AC-DC: fonctions *secondaires*

● Filtrer

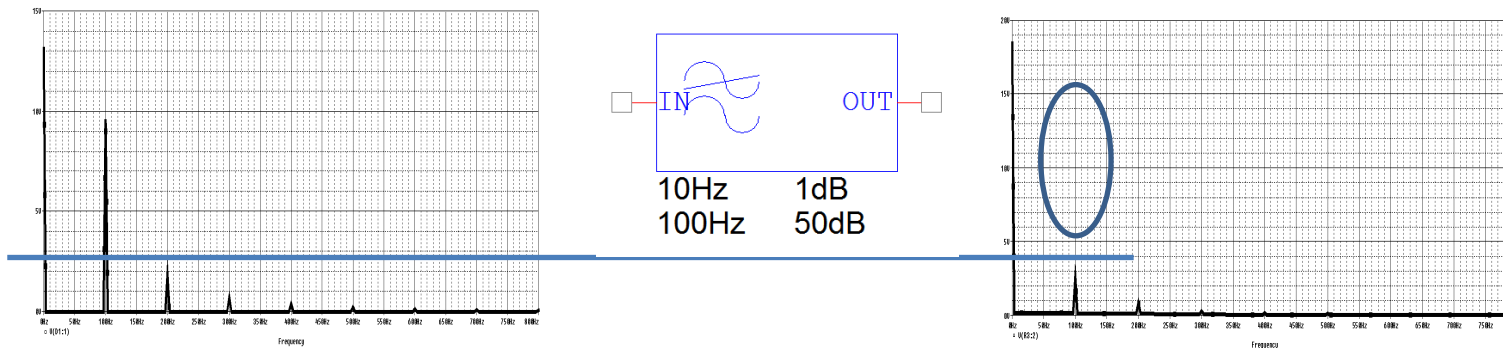
■ Objectifs:

- atténuer les ondulations du redressement
- Obtenir la tension la « plus lisse » possible

Interprétation temporelle



Interprétation fréquentielle

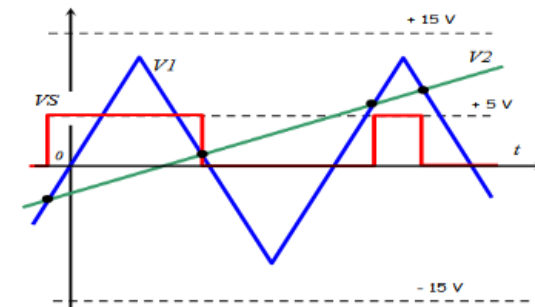
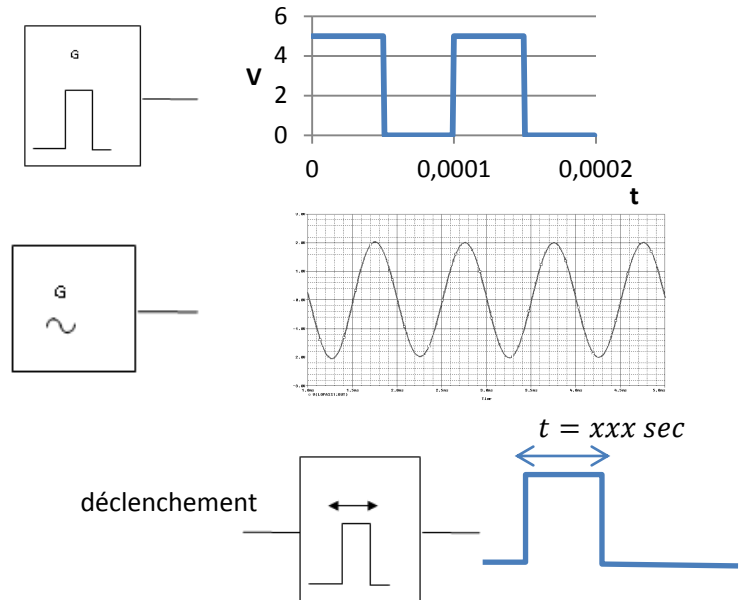


● Stabiliser ou réguler

■ Déjà vu

Générer

- Fonction astable
 - Objectifs: créer signal périodique à 2 états
 - Notion haut/bas , vrai/faux
- Fonction oscillateur
 - Objectifs: créer signal périodique sinusoïdal
- Fonction temporiser (*thème 1*)
 - Objectifs: générer une impulsion calibrée en temps
 - Périodique ou non
 - Nécessite une entrée de déclenchement (*trigger*)
- Fonction comparer
 - Objectifs: comparer deux tensions entre elles
 - Résultat du type haut/bas , vrai/faux
 - Signaux fixes ou variables



Interfacer (Coupler)

● Interface

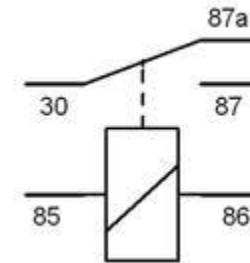
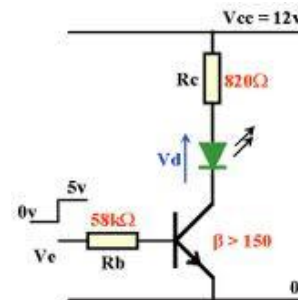
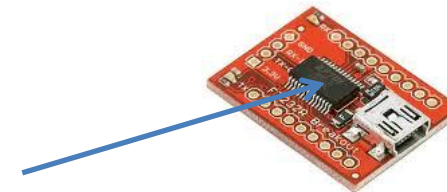
- Objectif: terme générique pour désigner une adaptation des grandeurs électriques entre 2 blocs
- Notions connexes: coupleur, driver

● Drivers

- Drivers de ligne de communication
 - Usb, CAN, RS232
- Drivers de composant
 - Transistor de puissance

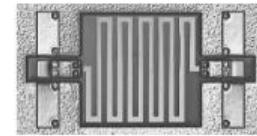
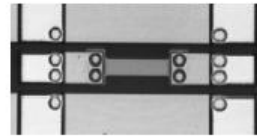
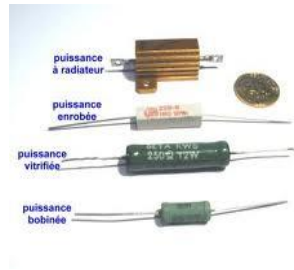
● Interface de puissance

- Interrupteur commandé
 - Relais, transistor
- Convertisseurs commandés
 - AC/DC, DC/DC, DC/AC (variateur de vitesse pour moteur)



Résistor

Le composant



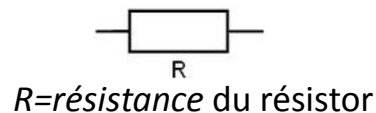
Effet Résistif

- résistance au passage des électrons
- Cette résistance se traduit par un échauffement: effet Joule

$$p(t) = U(t) \cdot I(t) \quad [VA]$$

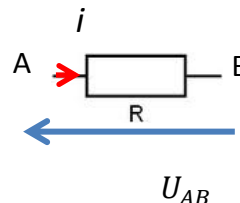
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T U(t) I(t) dt \quad [W]$$

Symboles



Modèles

- Résistor idéalisé



$$U_{AB}(t) = R \cdot I(t)$$

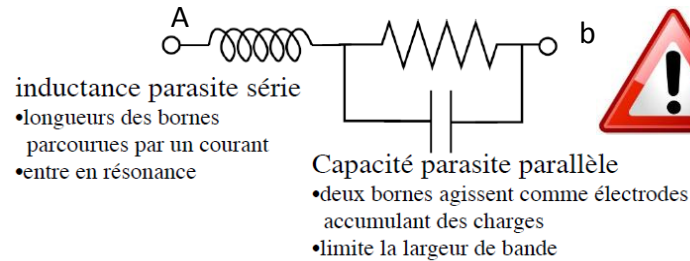


grandeurs continues

$$P = UI = \frac{U^2}{R} = RI^2$$

Résistor

■ Modèle hautes fréquences



~~$$U_{AB}(t) = R \cdot I(t)$$~~

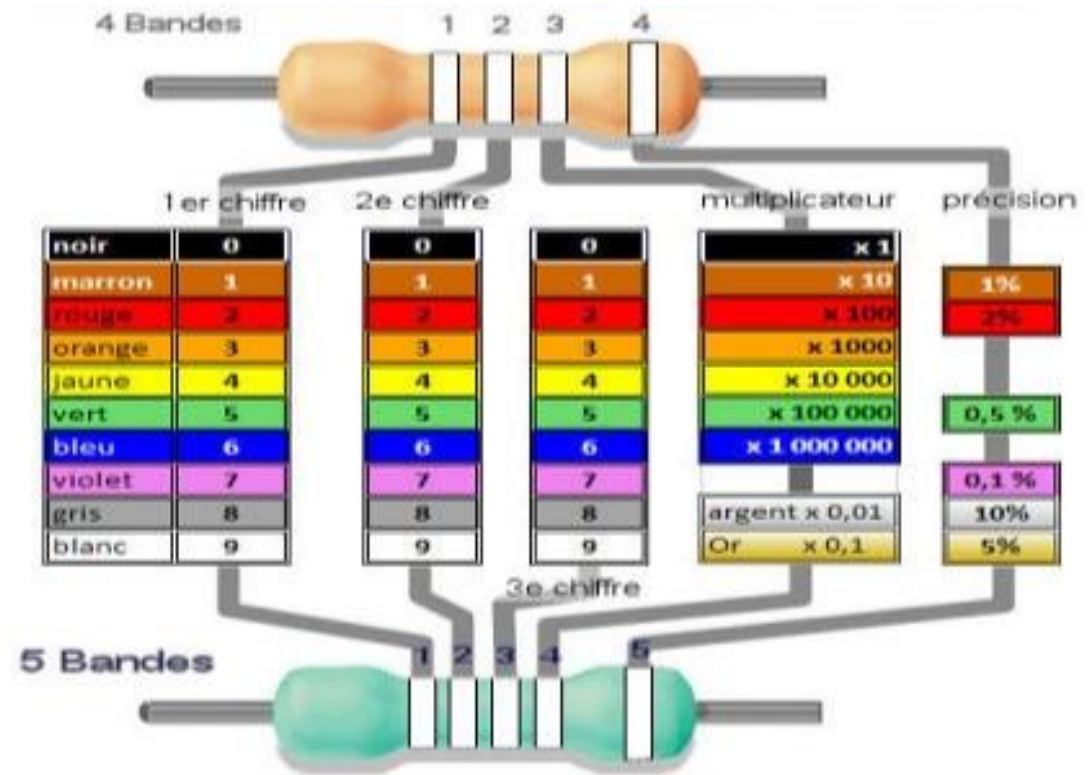
● Paramètre du résistor

■ Sa résistance nominale normalisé

○ marquage

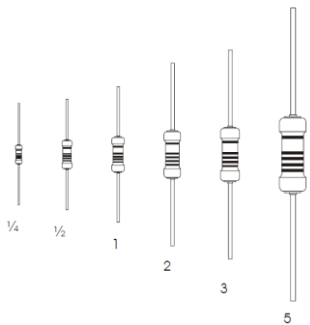


Ne Manger Rien
Ou Je Vous Bats
Violemment
Gros Bêta



Résistor

- Tolérance
 - Série normalisée par tolérances associées
- Puissance nominale



grandeurs continues

grandeurs sinusoïdales

Autres

$$P = \frac{U^2}{R} = RI^2$$

$$P = \frac{U_{eff}^2}{R} = RI_{eff}^2$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T U(t)i(t)dt$$

Puissance normalisées [W]

Technologie

- **Couche carbone**
 - Usage courant en E12 et 24
 - 1/8W -> 3W
 - -> 10MΩ
 - Fréquence -> 10Mhz
- **Couche métallique**
 - Prix faible
 - 1/4W -> 2W
 - 1 Ω -> 2MΩ
 - 5% à 0.05%
- **Bobinées**
 - Moulées série E24 -> 2W
 - Vitrifiées: 13 à 320W
- **CMS**
 - Prix faible
 - 1/4W -> 2W
 - 1 Ω -> 10MΩ



0402 0603 0805 1206 1210 2010 2512
□ □ □ □ □ □ □

E6 ±20%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E96 ±1%
100	100	100	100	100
			102	102
			105	105
			107	107
		110	110	110
			113	113
			115	115
			118	118
	120	120	121	121
			124	124
		130	127	127
			133	133
			140	140
			143	143
			147	147
150	150	150	150	150
			154	154
			158	158
		160	162	162
			165	165
			169	169
			174	174
	180	180	178	178
			182	182
			187	187
			191	191
			196	196
		200	200	200
			205	205
			210	210
			215	215
220	220	220	221	221
			226	226
			232	232
		240	237	237
			243	243
			249	249
			255	255
			261	261
	270	270	267	267
			274	274
			280	280
			287	287
			294	294
		300	301	301
			309	309

E6 ±20%	E12 ±10%	E24 ±5%	E48 ±2%	E96 ±1%
			316	316
			324	324
330	330	330	332	332
			340	340
			348	348
			357	357
		360	365	365
			374	374
			383	383
	390	390	392	392
			402	402
			412	412
		430	422	422
			432	432
			442	442
			453	453
			464	464
470	470	470	475	475
			487	487
			499	499
		510	511	511
			523	523
			536	536
			549	549
	560	560	562	562
			576	576
			590	590
			604	604
		620	619	619
			634	634
			649	649
			665	665
680	680	680	681	681
			698	698
			715	715
			732	732
		750	750	750
			768	768
			787	787
			806	806
	820	820	825	825
			845	845
			866	866
			887	887
		910	909	909
			931	931
			953	953
			976	976

Tableau 5 : valeurs normalisées dans les séries E6 à E96.

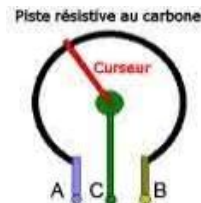
Résistor

Autres composants

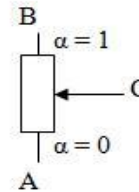
Potentiomètre



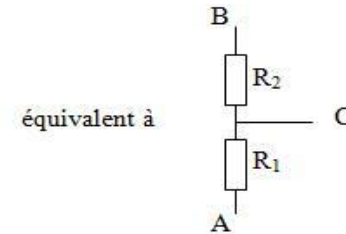
composant



principe



symbole



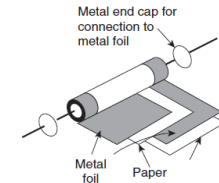
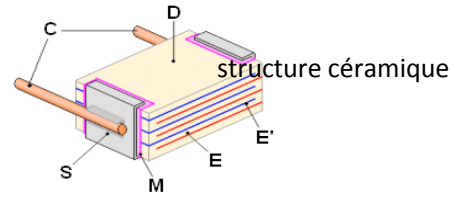
modèle

Réseaux de résistances



Condensateur

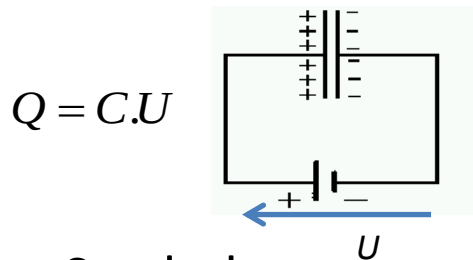
Le composant



structure électrolytique

Effet capacitif

- Accumulation de charges électriques sur les armatures
- Relation entre la charge stockée et la tension aux bornes du condensateur

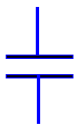


$$\begin{cases} t = t_1 & Q_1 = C.U_1 \\ t = t_2 & Q_2 = C.U_2 \end{cases} \Rightarrow \Delta Q = C(U_1 - U_2) = C\Delta V \Rightarrow$$

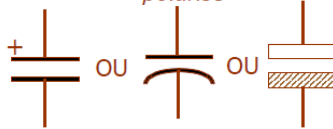
[C] [F] [V]

Symbole

Condensateur
non polarisé



Condensateur
polarisé

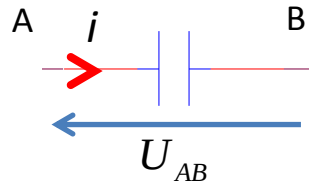


Charge d'un électron
 $e \approx -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Condensateur

Modèles

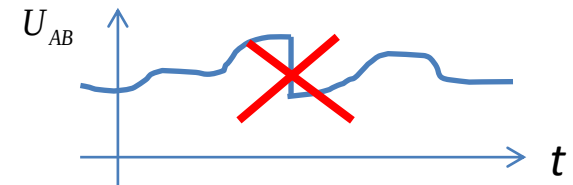
- Condensateur idéal



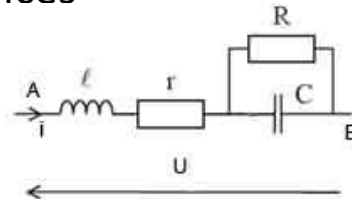
$$i = C \frac{dU_{AB}}{dt}$$



Il ne peut y avoir de discontinuité de tension aux bornes d'un condensateur



- Modèle hautes fréquences



$$i = C \frac{dU_{AB}}{dt}$$

Paramètre du condensateur

- Sa capacité normalisé (utilisation des série E6 à E24 en ER)

- marquage

Marquage direct

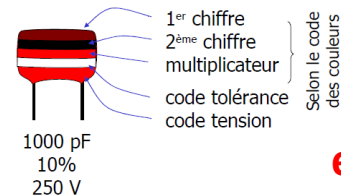
56n 63	n22 250	1μ5 63	560p 400
56 nF 63 V	0,22 nF 250 V	1,5 μF 63 V	560 pF 400 V

Marquage type exposant

222	103	473	105
1 ^{er} chiffre 2 ^{ème} chiffre puissance de 10 du multiplicateur			
2200 pF 2,2 nF	10000 pF 10 nF	47000 pF 47 nF	1000000 pF 1 μF

Unité par défaut: picofarad
(pF=10⁻¹²)

Marquage couleur



Tension de service (V)

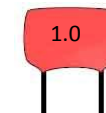
Tolérance (%)

100	250	400	50	10
20	10	5	1	0.5

en pF

Marquage autre

Du bon sens
Utiliser la techno du condensateur
La taille du condo donne une indication

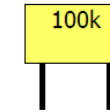


Condensateur

■ Tolérance

- Code Lettre

Code	D	F	G
Tolérance	$\pm 0,5 \%$	$\pm 1 \%$	$\pm 2 \%$
Code	J	K	M
Tolérance	$\pm 5 \%$	$\pm 10 \%$	$\pm 20 \%$



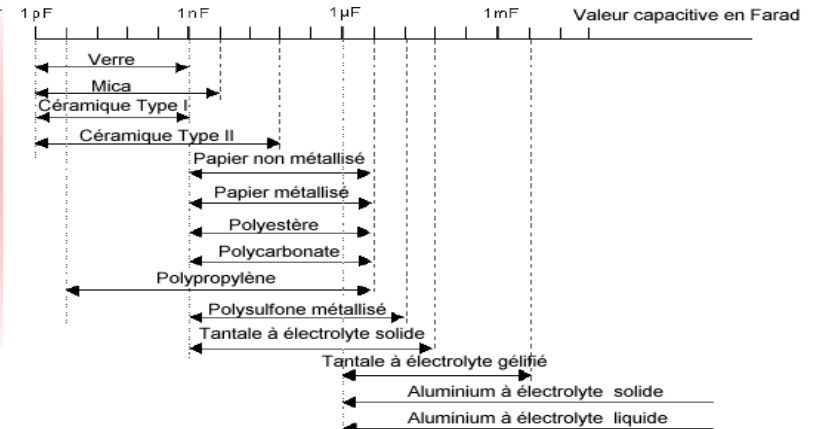
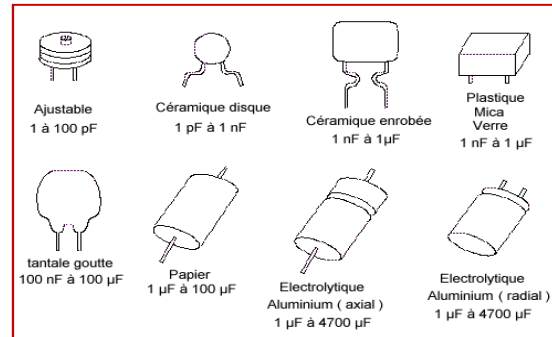
Piège
 $100k \neq 100 \cdot 10^3$

■ Tension nominale

- Tension max à ne pas dépasser sous peine de claquage du diélectrique

■ Technologie

- Plastique
 - Polyester
 - polycarbonates..
- Céramique
- Tantale
- Electrolytique



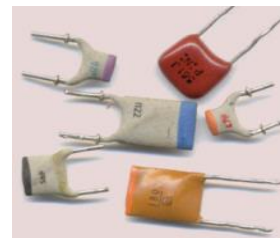
MKP polypropylène



MKS, réalisée avec un isolant en polystyrène (polysulfone métallisé, styroflex, ...)



CMS



céramique multi-couches



Électrolytiques polarisés.



tantale

Condensateur

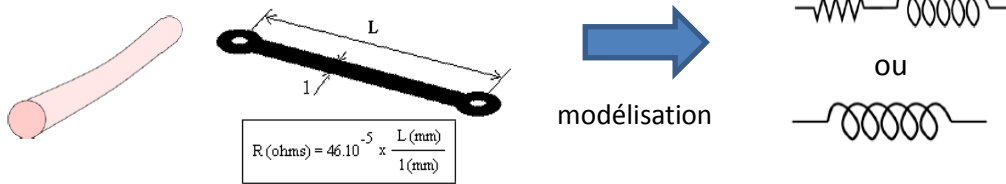
Choisir la technologie

	Utilisation	Famille de condensateur	Caractéristique
Haute Fréquence C_e $> 100 \text{ kHz}$	Radar, télé...	Mica (1pF à 200nF) Verre (1pF à 10nF)	Précis, bonne tenue en température, remplacé de plus en plus par les micas.
	Circuit d'accord	Céramique type 1 (1pF à 2nF)	Précis et stable.
	Circuit de liaison de découplage	Céramique type 2 (100pF à 470nF)	Imprécis et instable.
	Pour des tensions élevées	Papier non métallisé (1nF à 100μF)	Utilisable jusqu'à 10000 Volts.
Basse et Moyenne Fréquence	Circuit de liaison de découplage	Papier métallisé (10nF à 200μF) Polyester (1nF à 250μF)	Remplacé de plus en plus par les films plastiques, utilisé aussi pour des circuits d'antiparasitages.
	Circuit d'accord oscillateur, intégrateur	Polycarbonate (1nF à 250μF)	Très stable, très fiable, condensateur de précision.
	Régime impulsionnel alimentation à découpage	Polypropylène (100pF à 250μF)	Résistance série faible, supporte des courants efficaces élevés.
	Pour un fonctionnement à des températures élevées	Polysulfone métallisé (1nF à 250μF)	Fonctionne à des températures élevées, grande stabilité.
Inférieur à 10 kHz	Filtrage, découplage	Aluminium à électrolyte liquide (1μF à 150000μF)	Courant de fuite de quelques micro-ampère, tension de service jusqu'à 550 volts.
	Filtrage, découplage	Tantale à électrolyte gélifié (1μF à 1000μF)	Faible volume par rapport à l'aluminium, tension de sortie limitée à 150 volts.
	Stockage d'énergie prolongé	Tantale à électrolyte solide (1μF à 20000μF)	Très stable en température, courant de fuite inférieur au micro-ampère.
	Circuit RC, oscillateur	Tantale à électrolyte solide (10nF à 500μF)	Tension de service limitée à 125 volts, faible volume, stable

Condensateur de découplage

Des fils pas si parfaits

- Comportement inductif **parasite** problématique lors des transitoires de fonctionnement des circuits



Une solution

- Mise en // d'un ou plusieurs condensateurs de découplage
 - Si utilisation d'un $C > q\mu F$
 - » mise en // de condo plastique ou céramique afin de diminuer la résistance série équivalente
 - Pour les grands bruiteurs utilisation de tantales (plus chers) + céramique en //

Stratégie de découplage



Au plus près
du
composant

Condensateur: application

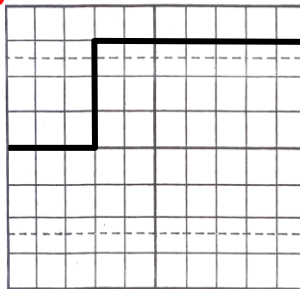
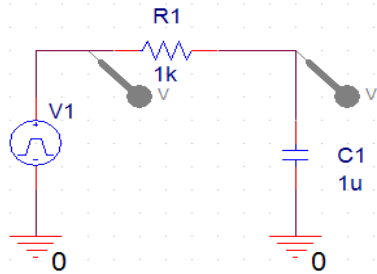
● Charge d'un condensateur

- réponse à un échelon de *tension*

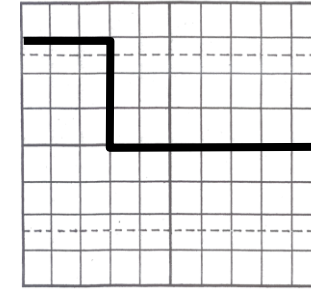
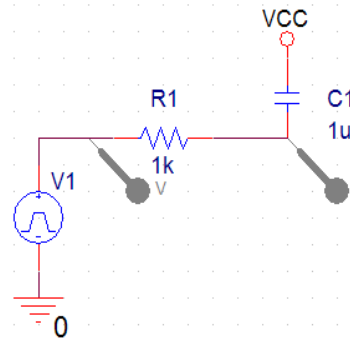


Ne pas confondre la tension
aux bornes du condensateur
et la tension de sortie

Circuit intégrateur (passe-bas)

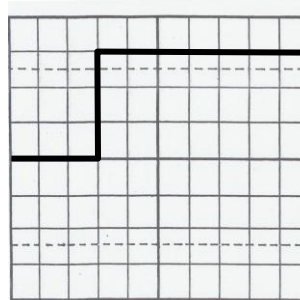
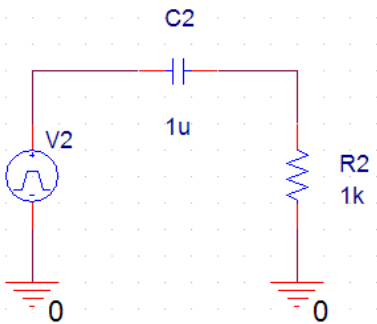


voie 1	AC DC
V/div	
voie 2	AC DC
V/div	
base de temps	
Commentaires : (légende, etc)	

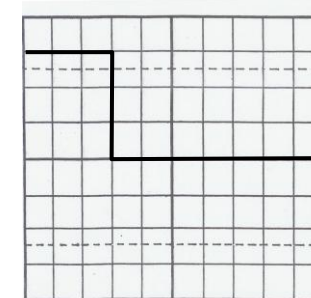
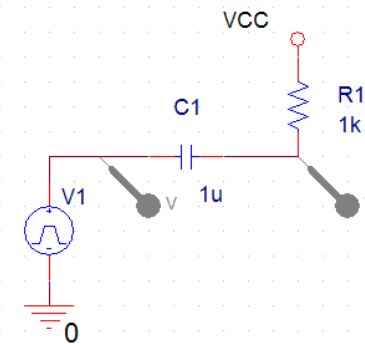


voie 1	AC DC
V/div	
voie 2	AC DC
V/div	
base de temps	
Commentaires : (légende, etc)	

Circuit dérivateur (passe-haut)



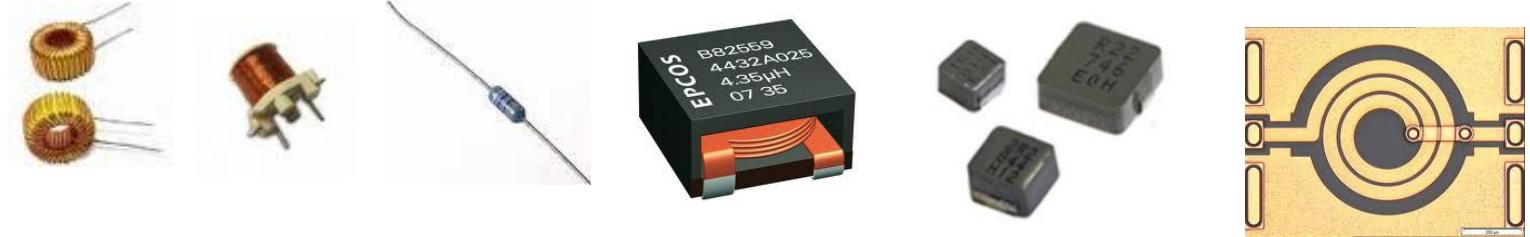
voie 1	AC DC
V/div	
voie 2	AC DC
V/div	
base de temps	
Commentaires : (légende, etc)	



voie 1	AC DC
V/div	
voie 2	AC DC
V/div	
base de temps	
Commentaires : (légende, etc)	

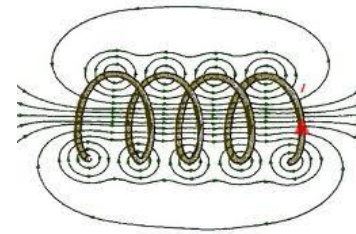
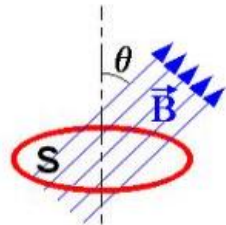
Bobine

Le composant



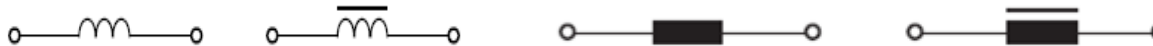
Effet inductif

- Un courant dans un conducteur crée un champ magnétique
- Le flux représente la quantité d'induction magnétique au travers d'une surface



$$\phi(t) = N\varphi = Li(t)$$

Symboles



Modèle

- Bobine parfaite



$$U_{AB} = L \frac{di}{dt}$$



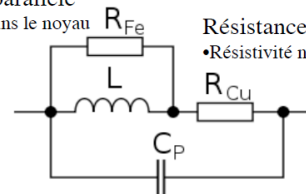
$$\phi(t) = N\varphi = Li(t) \Rightarrow U = \frac{d\phi}{dt} = N \frac{d\varphi}{dt} = L \frac{di}{dt}$$

Bobine

■ Modèle HF

résistance parasite parallèle

• Pertes par effet Joule dans le noyau



Résistance parasite série

• Résistivité non-nulle du fil

Capacité parasite

• Somme des effets capacitifs entre chacun des enroulements

• Entre en résonance à certain

● Paramètres d'une bobine (self)

■ Son inductance L

○ Unité: [H]

○ Tolérance

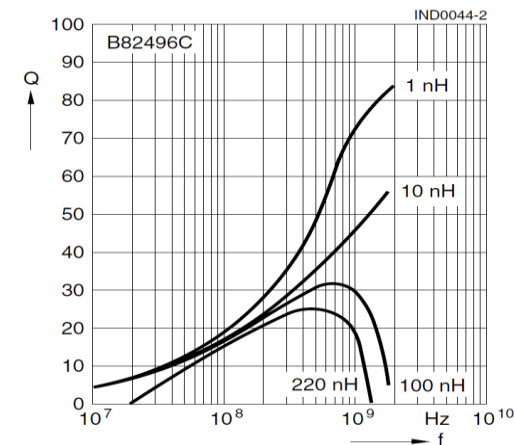
■ Courant efficace ou courant continu

■ Fréquence de travail

○ Notion de bande passante

○ Facteur de qualité: $Q = \frac{L\omega}{r}$

L_R nH	Tolerance	Q_{min}	Q_{typ} (at 800 MHz)	$f_L; f_Q$ MHz	I_R mA	R_{max} Ω	$f_{res,min}$ GHz	Ordering code ¹⁾²⁾ (reel packing)
1.0	$\pm 0.3 \text{ nH} \triangle A$	7	60	100	1800	0.02	16	B82496C3109+000
1.2	$\pm 0.2 \text{ nH} \triangle Z$	8	60	100	1800	0.025	15	B82496C3129+000
1.5		8	50	100	1500	0.03	13	B82496C3159+000
1.8		12	50				12	B82496C3189+000



Pile et accumulateurs

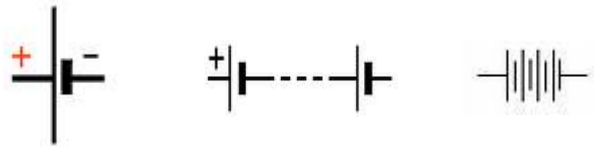
Composants



Objectif

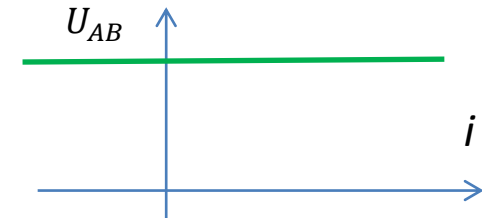
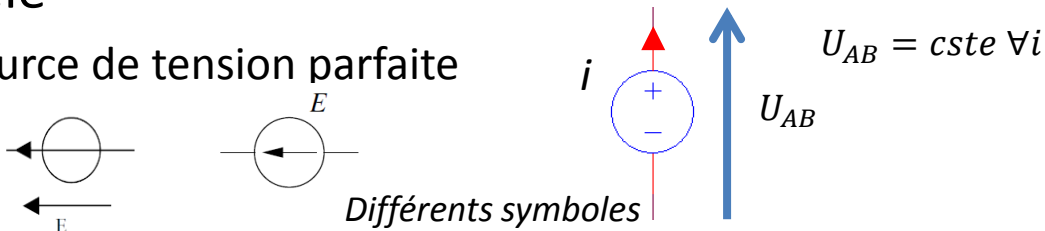
- Alimenter en énergie des dispositifs électronique
- Stockage d'énergie sous forme électrochimique
 - accumulateur: stockage réversible / pile: non réversible
- Mise en série de cellules élémentaires pour former des batteries (d'accumulateurs)

Symboles



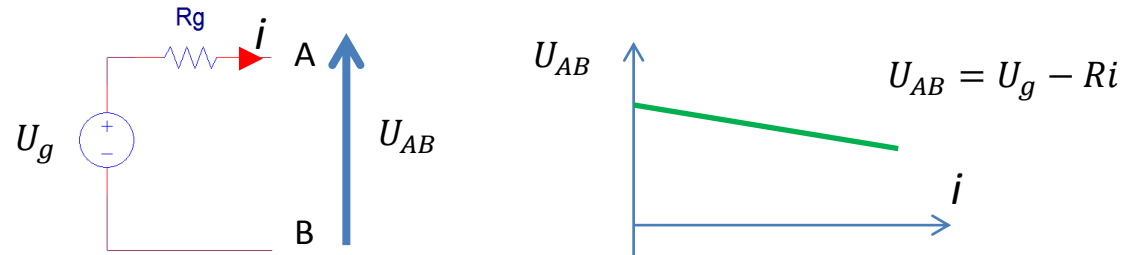
Modèle

- Source de tension parfaite



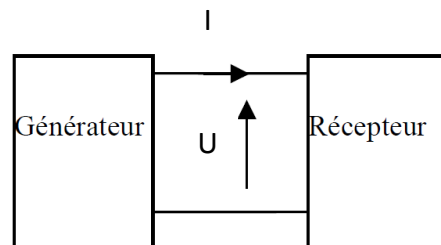
Pile et accumulateurs

- Source de tension imparfaite

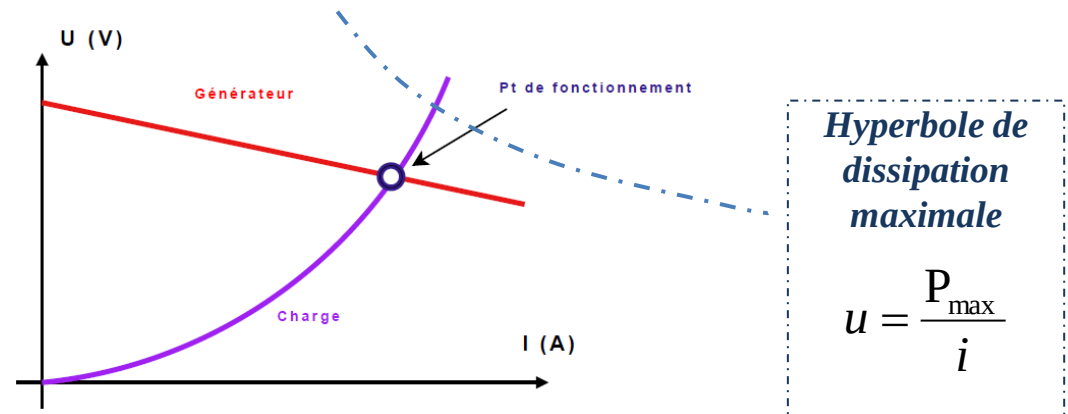


● Point de fonctionnement

- Interprétation graphique
 - Intersection entre les courbes générateur $U=f(i)$ et récepteur $U=g(i)$



Le point de fonctionnement est défini par la solution (U_0, I_0)



- Résolution analytique

- Système de 2 équations à 2 inconnues

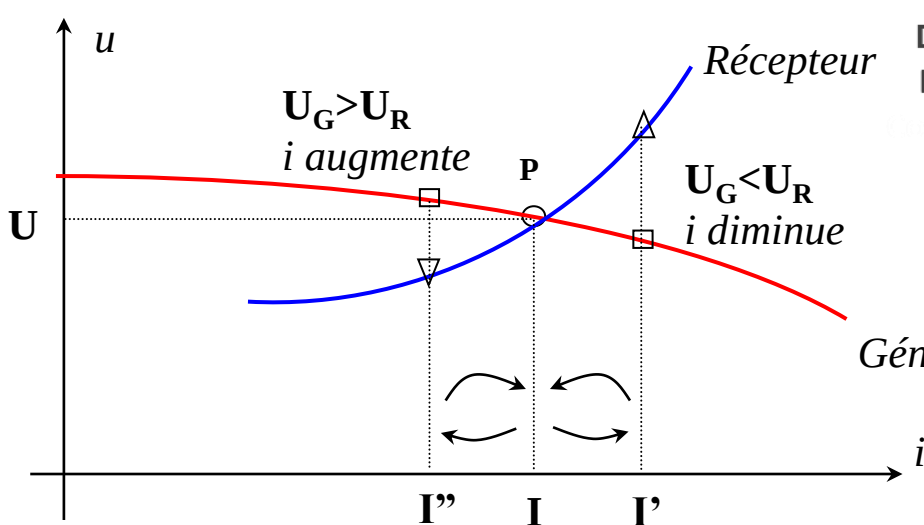
$$\begin{cases} U = f(i) = \text{équation générateur} \\ U = g(i) = \text{équation charge} \end{cases}$$

Pile et accumulateurs: point de fonctionnement

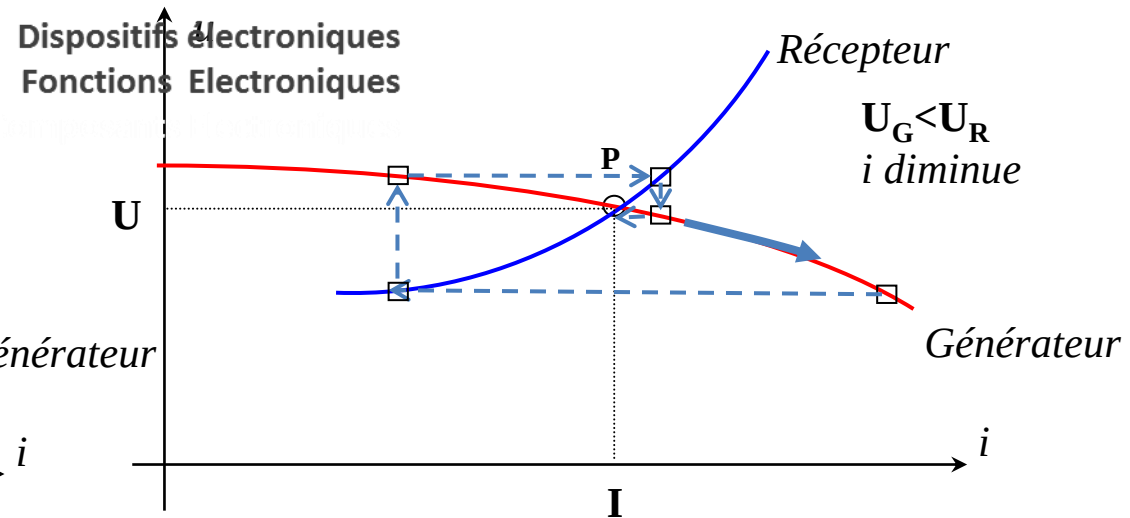
■ Stabilité du point de fonctionnement

- Étude des variations lors d'une perturbation d'une des grandeurs électriques
 - Outils et étude en cours d'automatique 2^{ème} année
 - Possibilité d'interprétation graphique pour conclure sur la stabilité

Exemple de perturbations en courant



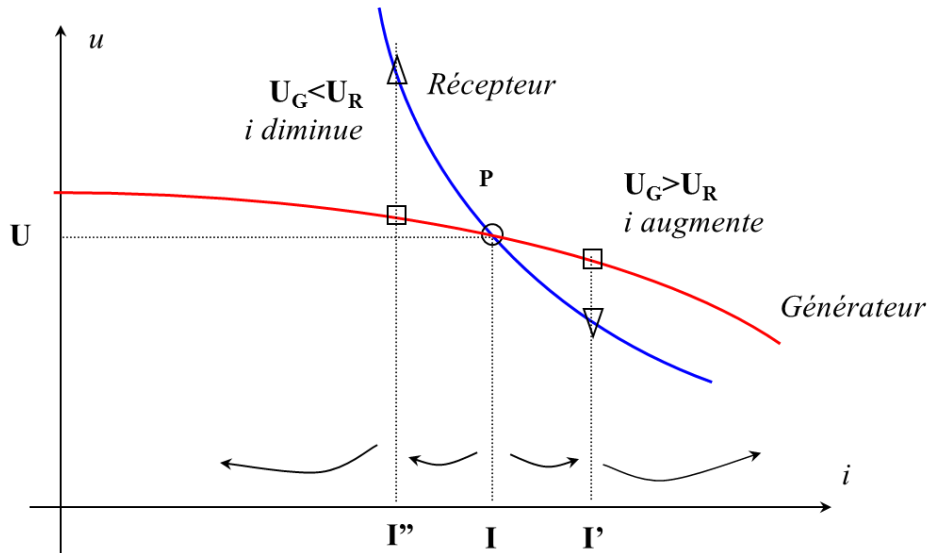
Etude rapide: on passe de I à $I' \Rightarrow$
 $U_G < U_R \Rightarrow i$ va diminuer $\Rightarrow$ **OK**



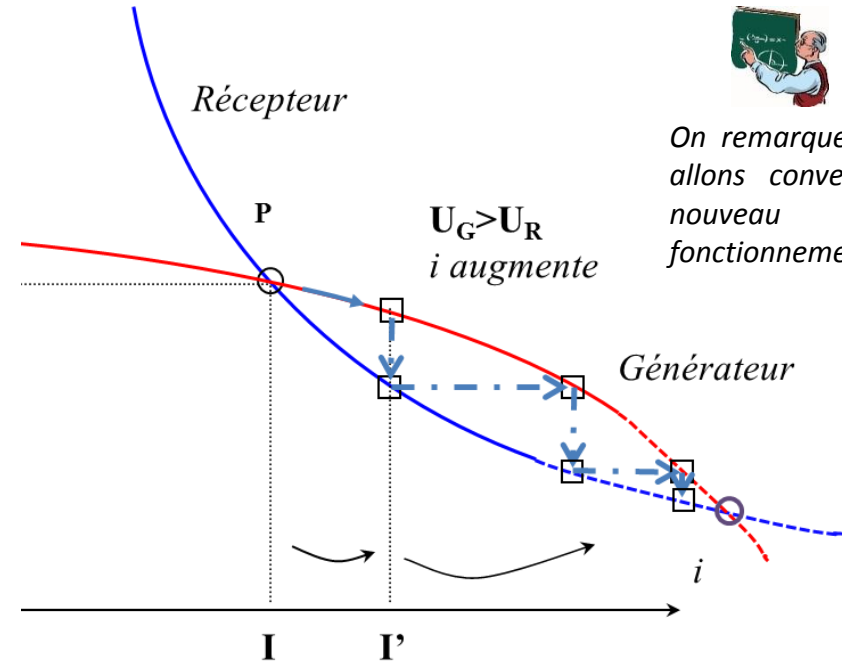
Etude plus fine: on peut faire
 apparaître la trajectoire de U et I
Même résultat OK

Pile et accumulateurs

Exemple 2: point NON STABLE



Etude rapide: on passe de I à I' =>
 $U_G < U_R$ => i va diminuer => **KO**



Trajectoire: **KO**

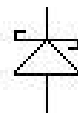


Le point de fonctionnement est stable si la pente de la caractéristique du générateur est inférieure à celle du récepteur

Semi-conducteurs discret

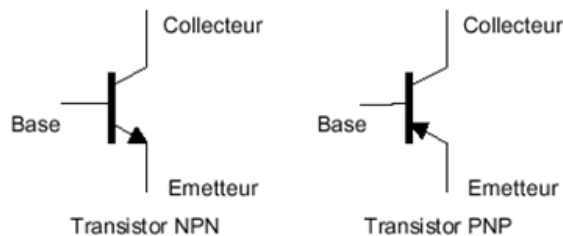
Famille des diodes

- Redressement, source de tension, capacité contrôlée, source lumineuse

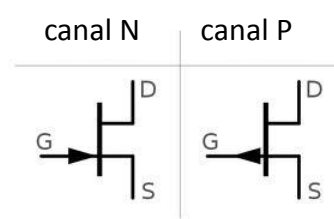


Famille des transistors

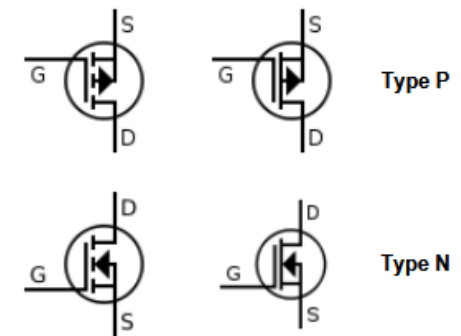
- Interrupteurs commandés, source de courant contrôlée



Transistors bipolaires



Transistors JFET



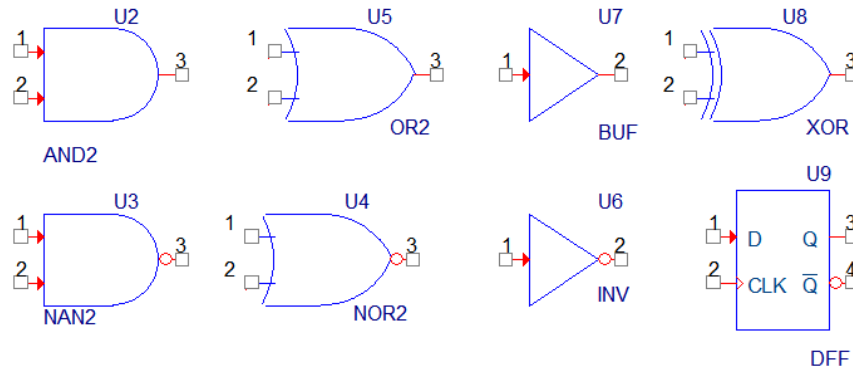
enrichissement appauvrissement
D: Drain - S: Source - G: Grille

Transistors MOS

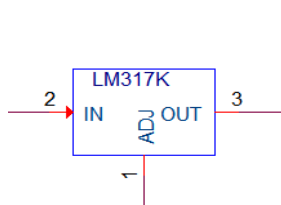
Transistors à effet de champs

Semi-conducteurs composants

Les fonctions logiques

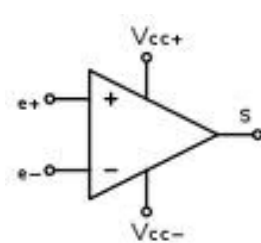


Divers



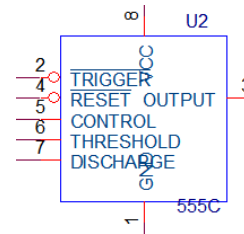
Régulateur de tension

Maintenir tension constante en sortie



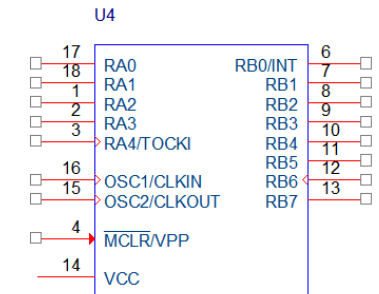
Amplificateur opérationnel

Amplifier les signaux d'entrées



555

Fonction astable et monostable



Microcontrôleur

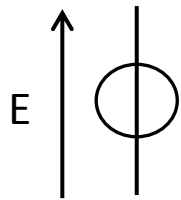
Fonction de commande numérique

Les sources (synthèse)

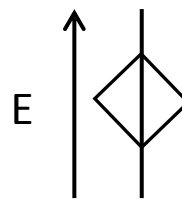
● Symboles des modèles

■ Source de tension

- Notation que nous utiliserons principalement
 - Ne vous dispense pas de connaître autres symboles

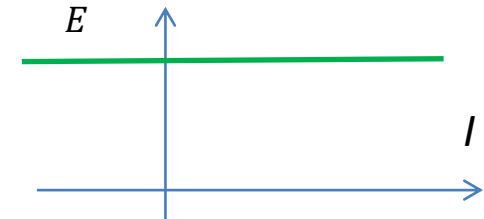


Source de tension indépendante

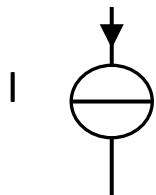


Source de tension liée

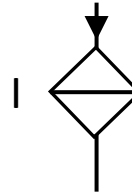
(dépend d'une autre grandeur électrique)
Exemple: $E = k.V_e$



■ Source de courant



Source de courant indépendante



Source de courant liée

