ELECTRONIQUE / ROBOTIQUE.

"2018"
"Modifié"
PDF

ELECTRONIQUE

LES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES !

Le calcul et l'étude simplifiée.
Révision...

Modifié le:
03 Avril 2018
par Richard !

Sciences de l'Ingénieur

Ce document est la propriété intellectuelle de son auteur.

LE SOMMAIRE:

I) Généralités. 3

II) Les alimentations linéaires. 5
II.1) Schéma fonctionnel. 5

II.2) Etude de FS1 : Transformation ou abaissement. 5

II.3) Etude de FS2 : Redressement. 8
II.3.1) Redressement : Mono alternance. 8
II.3.2) Redressement double alternance : Pont de diodes ou GRAETZ :..... 8
II.3.3) Montage à transformateur à point milieu :..... 9
II.3.3) Caractéristique d'une diode. 10
II.3.4) Résumé des différents types de redressements:.....11

II.4) Etude de FS3 : Filtrage. 12
II.4.1) Calcul du condensateur de filtrage 13

II.5) Etude de la fonction stabilisation ou régulation. 14
II.5.1) Différence entre stabilisation et régulation. 14
II.5.2) Stabilisation par diode zener.....15
II.5.2.1) Caractéristique. 15
II.5.2.2) Diode zener seule. 15
II.5.2.3) Stabilisation par diode zener et transistor ballast.....16
II.5.3) Régulation par circuit intégré. 17
II.5.3.1) Principe.....17
II.5.3.2) Tableau des principaux régulateurs 78XX. 18
II.5.3.3) Principaux Boîtiers et brochages.....19
II.5.3.4) Montages de base. 20
II.5.3.5) Calcul des composants. 21
II.5.3.6) Protection des régulateurs.....21
II.5.3.7) Régulateurs ajustables : LM117 ou LM317. 21

II.6) Dissipation thermique. 22
II.6.1) Modèle thermique sans dissipateur : 22
II.6.2) Calculs à effectuer pour savoir si l'on doit implanter un dissipateur : .23
II.6.3) Modèle thermique avec dissipateur : 24
II.6.4) Calcul d'un dissipateur: 25

II.7) Protection des alimentations électriques. 26

II.8) Dimensionner une alimentation stabilisée ou régulée. 27

LE SOMMAIRE "suite":

III) Les alimentations à découpage.....28

III.1) Classification des alimentations à découpage.....28

III.1) Les alimentations non isolées de la source. 29

III.1.1) Convertisseur abaisseur « ***BUCK*** ».....29

III.1.1.1) Principe de fonctionnement : 29

III.1.1.2) Calcul de la fonction de transfert.....30

III.1.1.3) Etude des signaux 31

III.1.1.4) Choix des composants. 32

III.1.1.5) Performances. 34

III.1.2) Convertisseur élévateur « ***BOOST*** ». 29

III.1.2.1) Principe de fonctionnement : 35

III.1.2.2) Calcul de la fonction de transfert.....36

III.1.2.3) Etude des signaux 37

III.1.2.4) Choix des composants. 38

III.1.2.5) Performances. 38

III.1.3) Convertisseur inverseur « ***BUCK-BOOST*** ».....29

III.1.3.1) Principe de fonctionnement : 39

III.1.3.2) Calcul de la fonction de transfert.....40

III.1.3.3) Etude des signaux 41

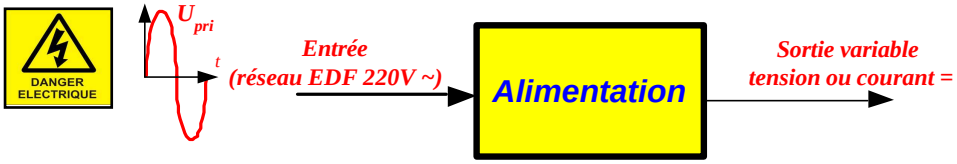
III.1.3.4) Choix des composants. 42

III.1.3.5) Performances. 42

Copie de la revue Elektor.

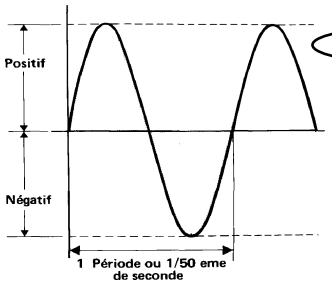
LES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES.

I) Généralités.

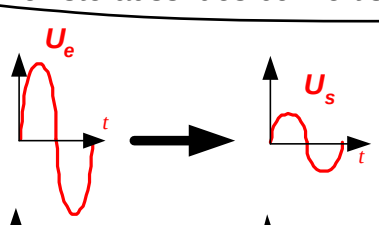


La fonction des alimentations est de fournir à un objet technique l'énergie électrique nécessaire à son fonctionnement.

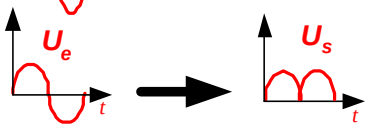
Dans la plupart des cas, la fonction alimentation transforme les caractéristiques de l'énergie livrée par le réseau EDF pour les adapter aux conditions de l'alimentation d'un objet technique (le fonctionnement des circuits électroniques d'un objet technique nécessite en général une alimentation sous Très Basse Tension Continue).



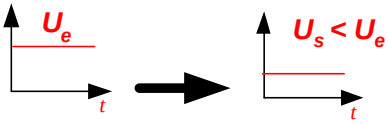
Il existe aussi des convertisseurs de formes d'ondes.



Transformateurs



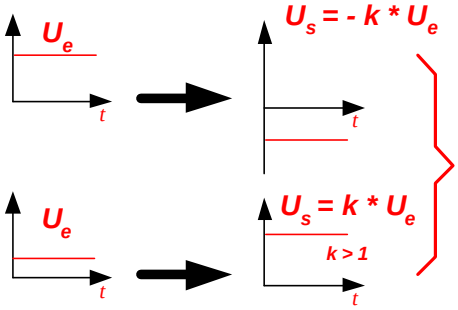
Redresseurs



Pont diviseur
Stabilisateur
Régulateur

ATTENTION
SECTEUR
220 volts

Inverseur de polarité
Buck boost



Suréleveur de tension
Boost

Alimentation à découpage
ou
à transfert de charges

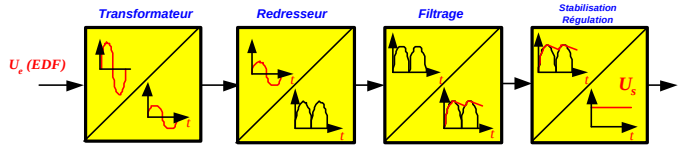
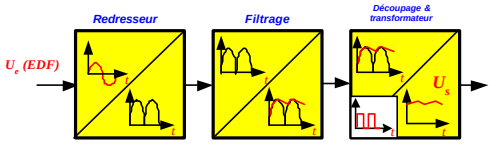
Pour réaliser ces convertisseurs on utilise deux types de structures :

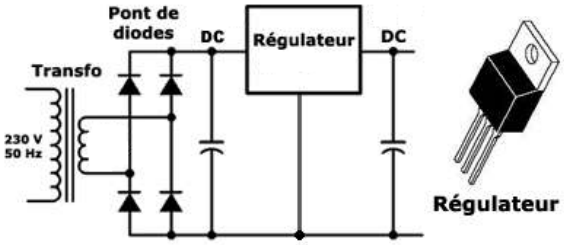
- **Les alimentations linéaires.**
- **Les alimentations à découpage.**

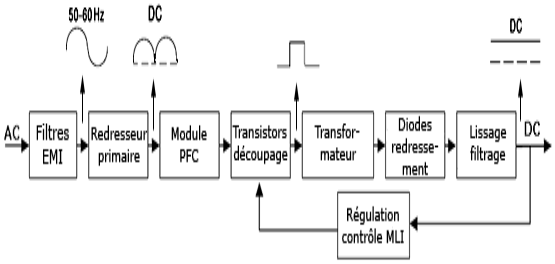
LES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES.

Copie de la revue Elektor.

Tableau comparatif des deux structures.

Les alimentations linéaires		Les alimentations à découpage	
			
Avantages	**Inconvénients**	**Avantages**	**Inconvénients**
- *Très bonne stabilité.* - *Facile à mettre au point.* - *Bonne tenue en température.*	- *Lourdes (Le poids) et encombrantes.* - *Très mauvais rendement.* - *Energie perdue très importante.*	- *Très bon rendement.* - *Poids et volume réduits.* - *Taille du transformateur faible.*	- ***Générateur de bruit (harmoniques) CEM.*** - ***Blindage souhaitable ou éloigné du montage.*** - ***Ondulation résiduelle importante.***
Domaines d'utilisation		**Domaines d'utilisation**	
- *Audio.* - *Alimentation de laboratoire.* - *Mesure …*		- ***Ordinateur.*** - ***Télévision.*** - ***Décodeurs.***	

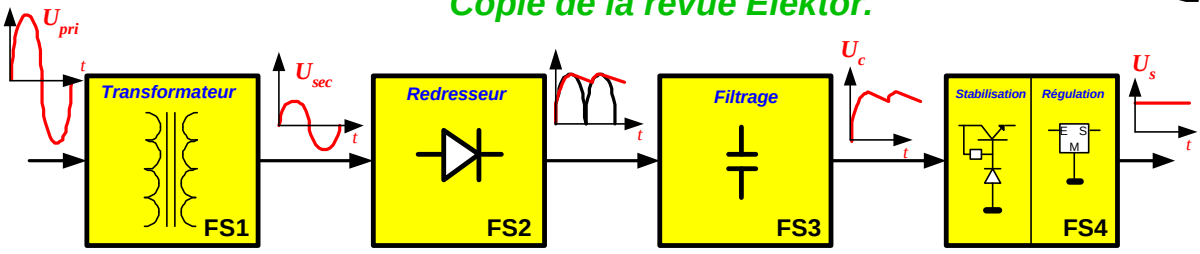




II) Les alimentations linéaires.

II.1) Schéma fonctionnel.

Copie de la revue Elektor.



ENTREE

Upri : tension secteur sinusoïdale ***alternative*** 230 Veff, 50Hz

SORTIE

U_s et I_s : tension et courant **CONTINUS**.

Fonctions des structures associées :

Transformateur	Redresseur	Filtre	Régulateur
Diminue *l'amplitude de la tension secteur.*	***Convertit*** *une tension alternative en une tension unidirectionnelle*	***Stocke*** *l'énergie de façon à lisser la tension de sortie du redresseur.*	***Stabilise*** *la tension et le courant de sortie de manière à les rendre* ***CONSTANTS*** *(continus).*

II.2) Etude de FS1 : Transformation ou abaissement.

Le transformateur se caractérise par sa tension secondaire exprimée en volts efficaces (**Veff**) et sa puissance apparente **S** exprimée en volts ampère (**VA**).

La taille et le poids du transformateur dépendent de sa puissance.

La puissance en régime sinusoïdal s'exprime par : ⇨ $P = V_{eff}\, I_{eff} \cos f = S \cos f$

- *f est le déphasage entre U et I : il dépend de la nature de la charge (R, L, C).*
- *S est la puissance apparente en VA*

➢ Le transformateur assure une ***isolation galvanique*** et il est de type abaisseur de tension.

Rapport de transformation :

$$m = \frac{U2}{U1} = \frac{I1}{I2} = \frac{n2}{n1}$$

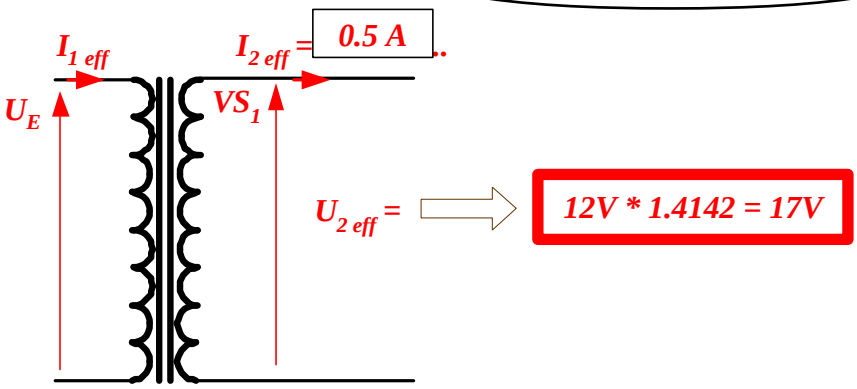
n_1 et n_2 : nombres de spires au primaire et au secondaire.

LES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES.

Les différents modes de câblage du transformateur :

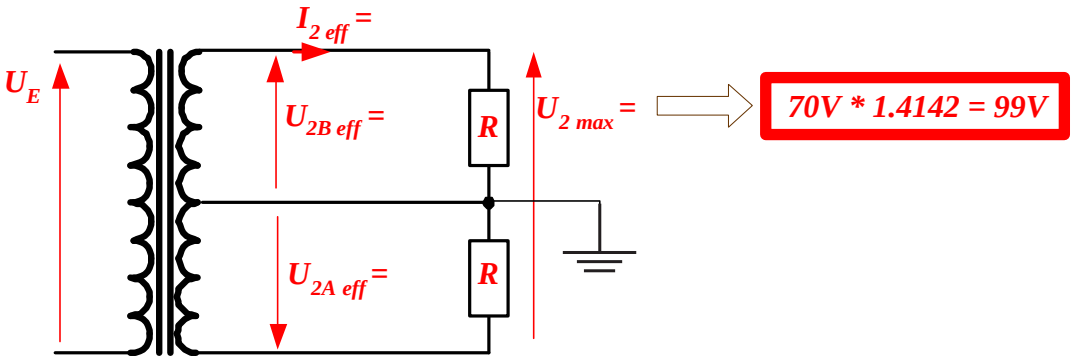
Enroulement secondaire unique

Exemple : Transformateur 12V, 6VA.

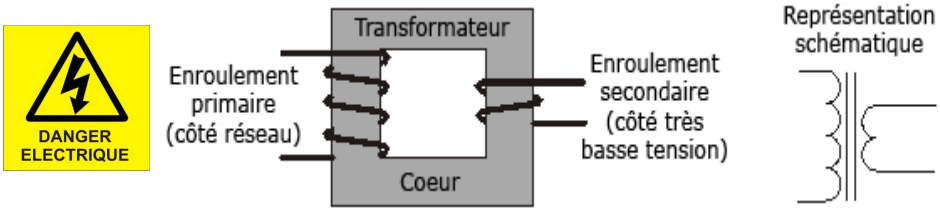


Double enroulements secondaire Exemples de câblage pour un transformateur : 2x35V 75VA

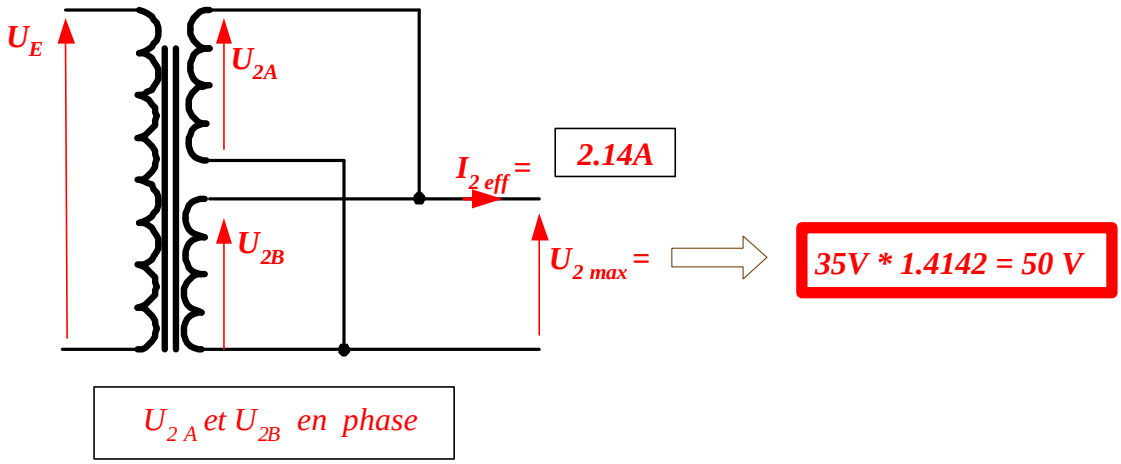
Enroulements en série : Les 2 enroulements secondaires sont réunis en un *point milieu.*



U_{2A} *et* U_{2B} *en opposition de phase*



Enroulements en parallèle :



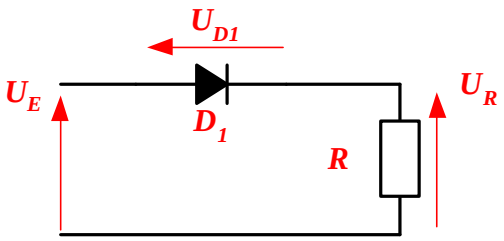
Critères de choix technologiques :

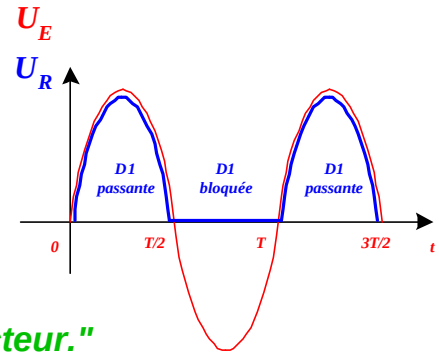
On distingue les transformateurs à tôles et les transformateurs toriques qui ont un rayonnement moindre (Pertes entrefer réduites de 90%). Un transformateur d'alimentation se choisit en fonction de sa ou ses tensions secondaires en Veff et de sa puissance apparente en volt ampère (VA) .

II.3) Etude de FS2 : Redressement.

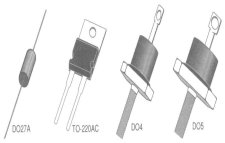
Le rôle de FS2 est de rendre unidirectionnelle l'énergie délivrée par le transformateur. Cette fonction est réalisée par des diodes à jonction

II.3.1) Redressement : Mono alternance.



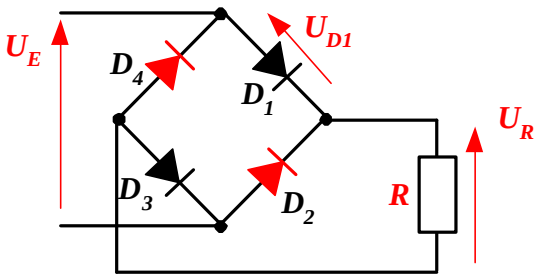


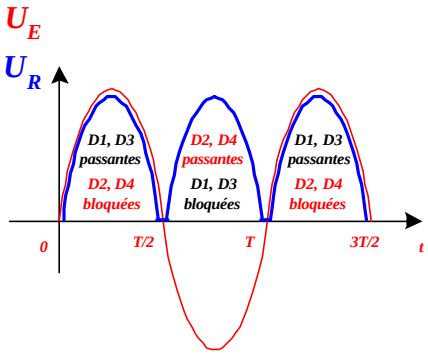
" Copie doc Constructeur."



Tension maximum :	$U_{RMAX} = U_{E\,MAX} - U_{D\,Seuil}$
Tension moyenne :	$U_{RMOY} = \frac{U_{RMAX}}{p}$
Tension efficace :	$U_{Reff} = \frac{U_{RMAx}}{2}$
Fréquence de UR :	$f_{Ur} = f_{secteur}$
V_{inv} (D)	U_{RMAX}

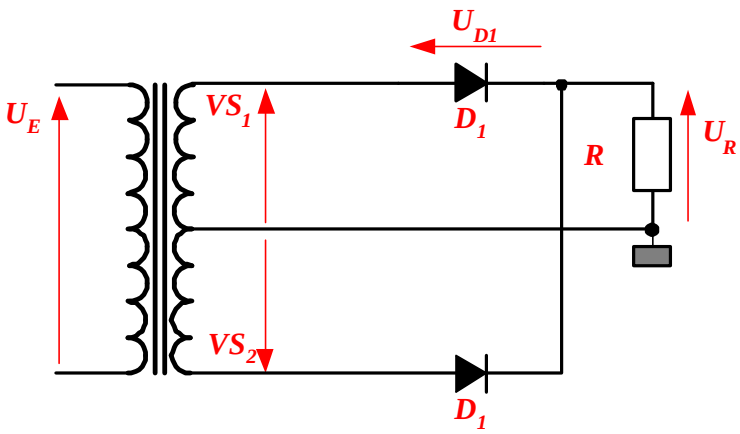
II.3.2) Redressement double alternance : Pont de diodes ou GRAETZ :

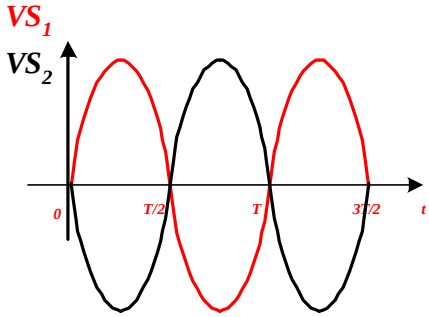


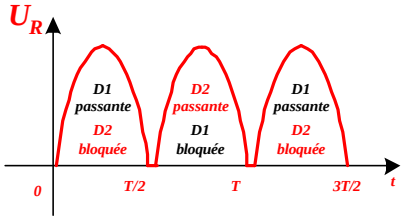


Tension maximum :	$U_{RMAX} = U_{E\,MAX} - 2 * U_{D\,Seuil}$
Tension moyenne :	$U_{R\,MOY} = \frac{2\,U_{R\,MAX}}{p}$
Tension efficace :	$U_{R\,eff} = \frac{U_{R\,MAx}}{\sqrt{2}}$
Fréquence de UR :	$f_{Ur} = 2 * f_{secteur}$
V_{inv} (D)	U_{RMAX}

II.3.3) Montage à transformateur à point milieu :

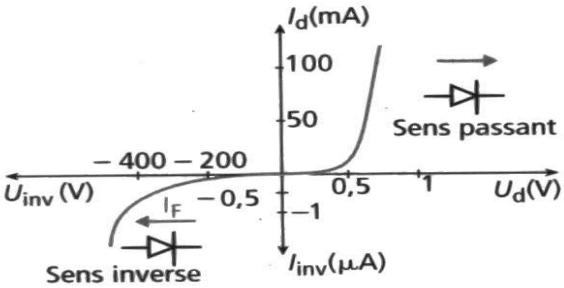




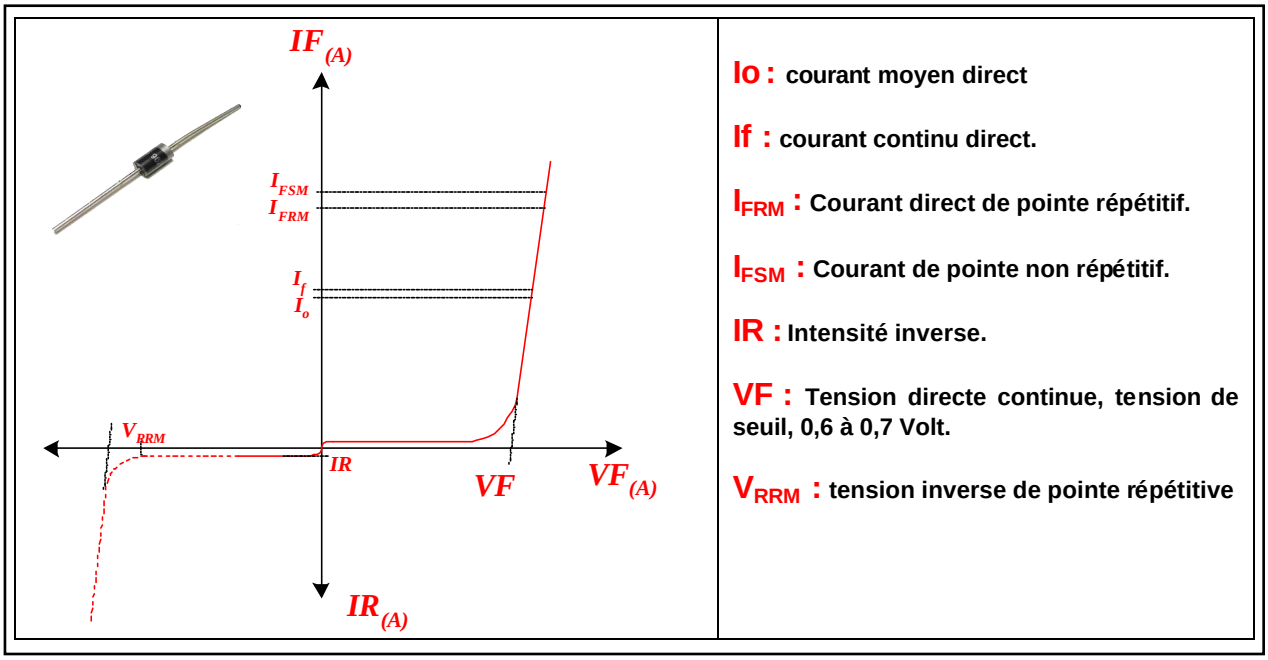


" Copie doc Constructeur."

Tension Max	$U_{R\,MAX} = U_{e\,MAX} - U_{D\,Seuil}$
Tension Efficace	$U_{R\,eff} = \frac{U_{R\,MAX}}{\sqrt{2}}$
Tension Moyenne	$U_{R\,Moy} = \frac{2 * U_{R\,MAX}}{p}$
Courant Max	$I_{MAX} = \frac{U_{R\,MAX}}{R}$
Courant Moyen dans D	$I_{D\,Moy} = \frac{I_{MAX}}{p}$
Courant Moyen dans R	$I_{R\,Moy} = \frac{2 * I_{MAX}}{p}$
V_{inv} (D)	$2 * U_{R\,MAX}$



II.3.3) Caractéristique d'une diode.



Io : courant moyen direct

If : courant continu direct.

I_{FRM} : Courant direct de pointe répétitif.

I_{FSM} : Courant de pointe non répétitif.

IR : Intensité inverse.

VF : Tension directe continue, tension de seuil, 0,6 à 0,7 Volt.

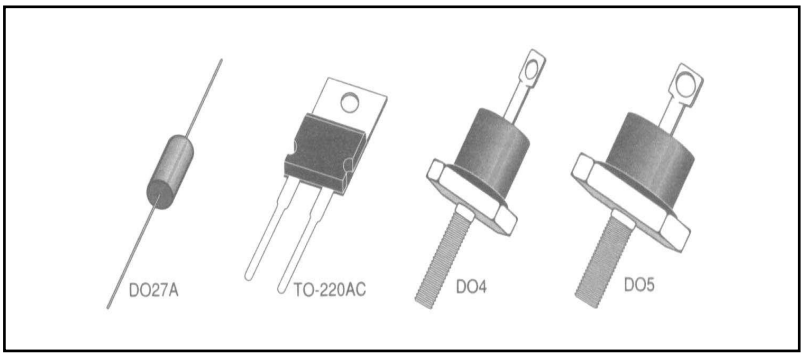
V_{RRM} : tension inverse de pointe répétitive

Critères de choix technologiques :

Deux critères :

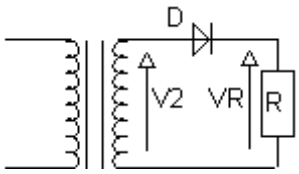
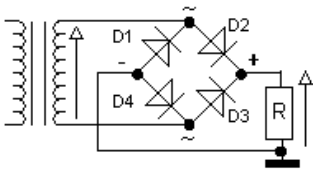
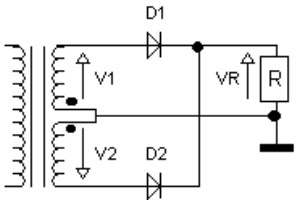
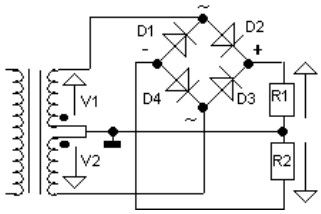
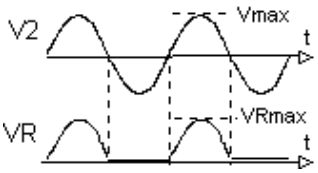
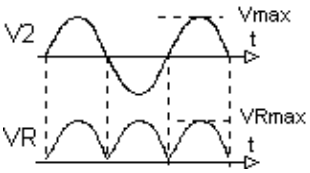
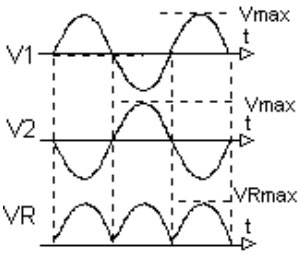
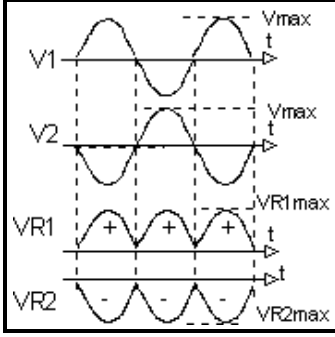
- **La tension maximale aux bornes d'une diode du redresseur doit être inférieure à V_{RRM} de la diode choisie sur le catalogue constructeur.**

- **Le courant maximum dans le redresseur doit être inférieur au courant I_{FRM}.**

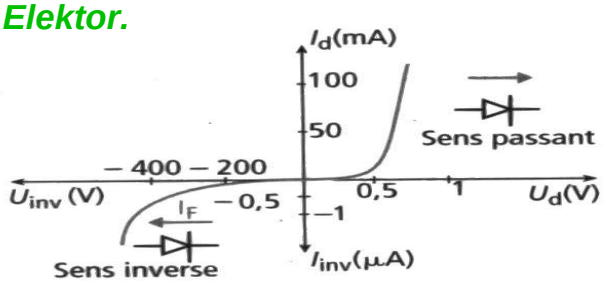


Copie de la revue Elektor.

II.3.4) Résumé des différents types de redressements:

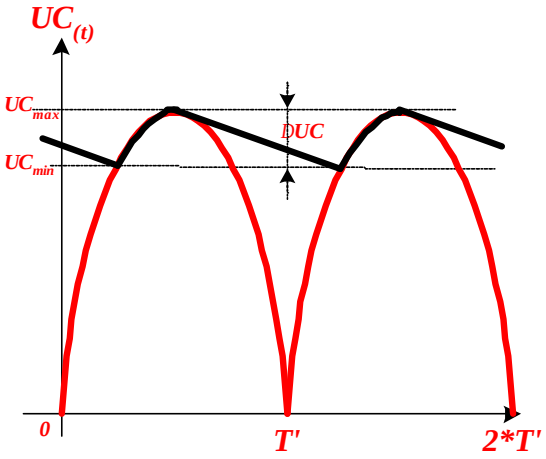
Simple alternance	Double alternance à pont de Graêtz	Double alternance avec transfo. à point milieu	Double enroulement et pont (Alim symétrique)
			
			
$V_R\,max = Vmax - V_D$ $V_R\,eff = \frac{V_R max}{2}$ $V_R\,moy = \frac{V_R max}{\Pi}$ $V_{INV}(D) = Vmax$	$V_R\,max = Vmax - 2.V_D$ $V_R\,eff = \frac{V_R max}{\sqrt{2}}$ $V_R\,moy = \frac{2.V_R max}{\Pi}$ $V_{INV}(D) = Vmax$	$V_R\,max = Vmax - V_D$ $V_R\,eff = \frac{V_R max}{\sqrt{2}}$ $V_R\,moy = \frac{2.V_R max}{\Pi}$ $V_{INV}(D) = 2.Vmax$	$V_R\,max = Vmax - V_D$ $V_R\,eff = +/- \frac{V_R max}{\sqrt{2}}$ $V_R\,moy = +/- \frac{2.V_R max}{\Pi}$ $V_{INV}(D) = 2.Vmax$

Copie de la revue Elektor.



II.4) Etude de FS3 : Filtrage.

Le but de FS3 est de rendre l'allure de la tension mono ou double alternance issue du redressement en une tension aussi continue que possible. Cette fonction est matérialisée par un condensateur, sa valeur est souvent élevée : plusieurs µF.



Après filtrage, la tension aux bornes du condensateur varie entre une valeur maximale ***UC$_{MAX}$*** et une valeur minimale ***UC$_{MIN}$***.

UC$_{MAX}$ = Tension max de sortie du redresseur.

UC$_{Min}$ = Tension minimum nécessaire au fonctionnement de FS4 (Stabilisation ou régulation).

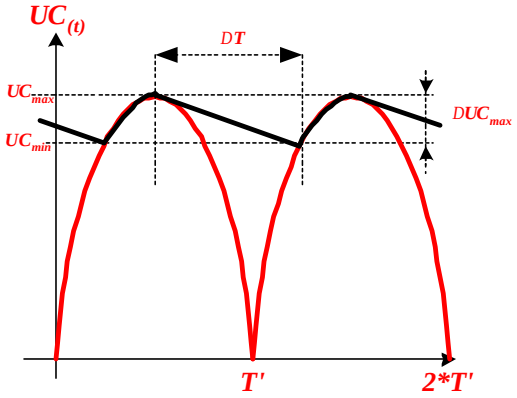
- Sa valeur moyenne peut être considérée comme égale à: ⇨ $$UC_{Moy} = \frac{UC_{MAX} - UC_{MIN}}{2}$$

- L'ondulation autour de cette valeur moyenne est: ⇨ $$\Delta UC = UC_{MAX} - UC_{MIN}$$

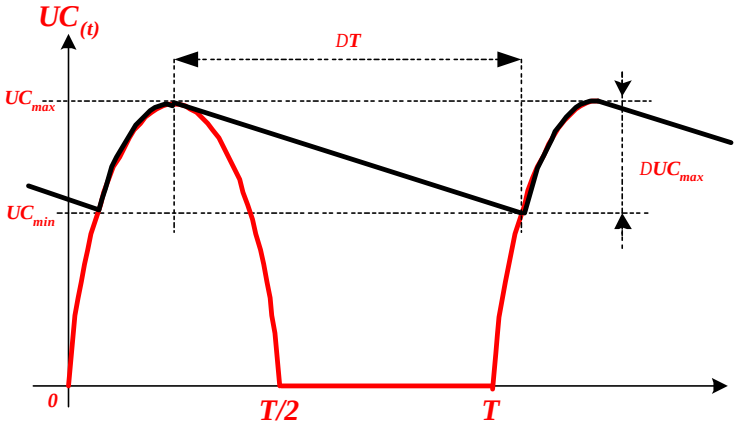
II.4.1) Calcul du condensateur de filtrage

T : c'est la période du signal **non redressé**.
T' : c'est la période du signal **redressé**

- $T' = \frac{T}{2}$ pour un redressement **double** alternance.



- $T' = T$ pour un redressement **mono** alternance.



Dans les deux cas le condensateur se décharge pendant le temps ΔT, de plus la tension à ses bornes est égale à ΔUC.

Comme: $Q = I * T = C * U$ ==> $Q = I * \Delta T = C * \Delta U$

Donc:

$$C = \frac{I * \Delta T}{\Delta_{UC\max}}$$

Avec ΔT = 80 % de ***T*** pour un redressement **mono alternance**.
Avec ΔT = 40 % de ***T*** pour un redressement **double alternance**.

I = Le courant maximum de l'alimentation.

La condensateur de filtrage est un condensateur **chimique** (valeur supérieure à plusieurs µF), sa tension de service est égale à **1.5 * UC_{MAX}**

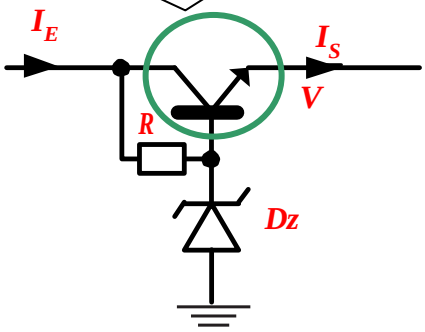
II.5) Etude de la fonction stabilisation ou régulation.

La fonction d'une alimentation est de fournir une tension stable quelque soit la valeur du courant de sortie ($I_{min} < Is < I_{max}$).

II.5.1) Différence entre stabilisation et régulation.

1) La stabilisation fixe la tension de sortie à une valeur donnée mais elle ne suit pas ses évolutions.

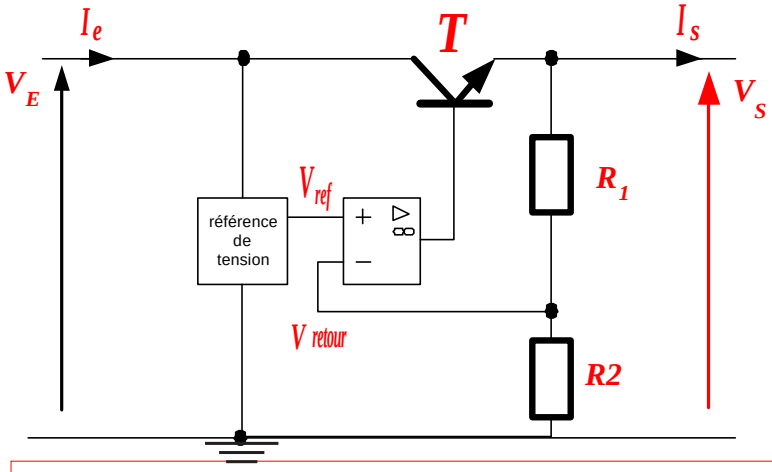
On utilise en général une structure composée d'une diode zener associée à un transistor dit: «**ballast** ».

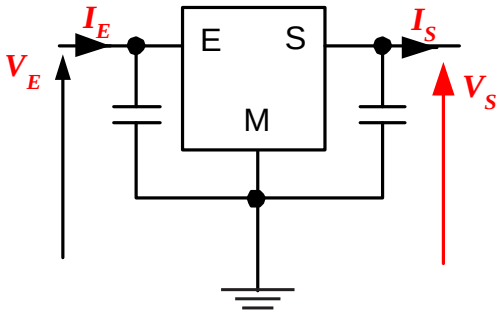


Copie de la revue Elektor.

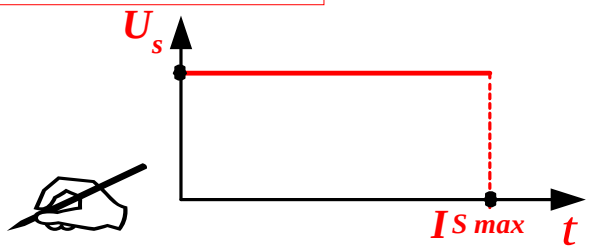
2) La régulation fixe la tension de sortie à une valeur donnée mais elle suit ses évolutions. En permanence la tension de sortie est comparée à une tension de référence, si la tension de sortie diminue alors le régulateur modifie ses paramètres pour palier à cette chute.

Cette structure est réalisée soit par un régulateur ou un montage composé d'un ALI associé à un transistor ballast.





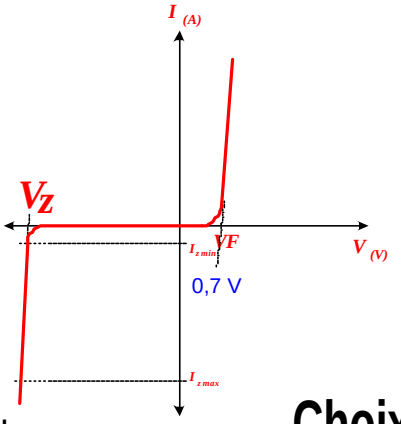
La tension de sortie est constante tant que: ***Is < Is max***



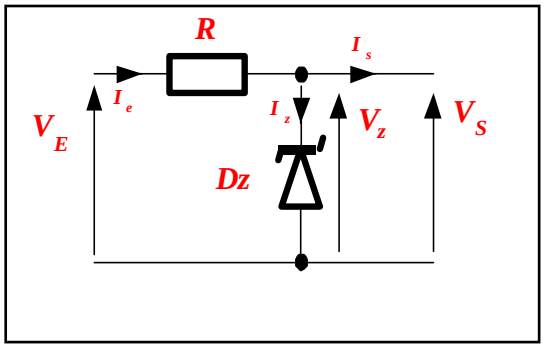
II.5.2) Stabilisation par diode zener.

II.5.2.1) Caractéristique.

Cette diode fonctionne comme une diode classique, avec comme seule différence sa tension inverse. En effet celle-ci est appelée la tension de zener ***Vz***.



II.5.2.2) Diode zener seule...



Remarque : Dans le cas où is est petit, par exemple pour une source de tension de référence, le calcul de R peut être ramené à :

$$R \leq \frac{V_{E\,min} - V_z}{I_{Z\,min}}$$

Choix des composants:

$$R \leq \frac{V_{E\,min} - V_z}{i_{S\,max} + I_{Z\,min}}$$

Pour choisir une diode zener il faut calculer la puissance dissipée par celle-ci :

$$P_Z = V_Z \frac{V_{E\,min} - V_z}{R}$$

Et la puissance dissipée par la résistance est:

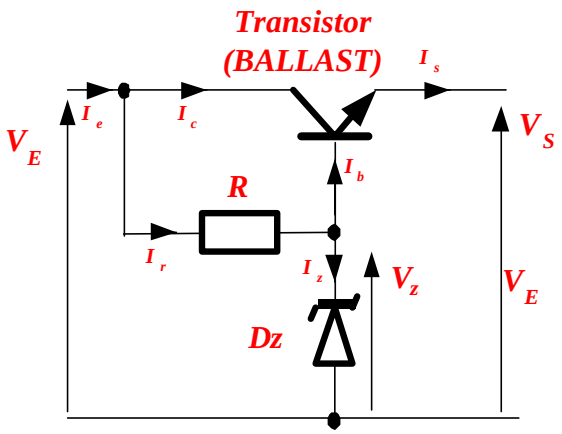
$$P_R = \frac{(V_{E\,max} - V_z)^2}{R}$$

II.5.2.3) Stabilisation par diode zener et transistor ballast.

Dans ce montage la diode zener sert à stabiliser la tension de sortie, c'est le transistor appelé ***BALLAST*** qui délivre toute la puissance au montage.

$$V_S = V_Z - V_{BE}$$

Choix des composants:



$$R \leq \frac{V_{E\,min} - V_z}{i_{b\,max} + I_{Z\,min}}$$

$$i_{b\,max} = \frac{i_{s\,max}}{b_{min} + 1}$$

La puissance dissipée par ***R*** :

$$P_R = \frac{(V_{E\,max} - V_z)^2}{R}$$

" TRANSISTOR BALLAST "

Copie de la revue Elektor.

La puissance dissipée par ***Dz*** :

$$P_Z = V_Z \frac{V_{E\,max} - V_z}{R}$$

Et la puissance dissipée par le transistor: ***BALLAST*** :

$$P_T = (V_{E\,max} - V_s) * i_{s\,max}$$

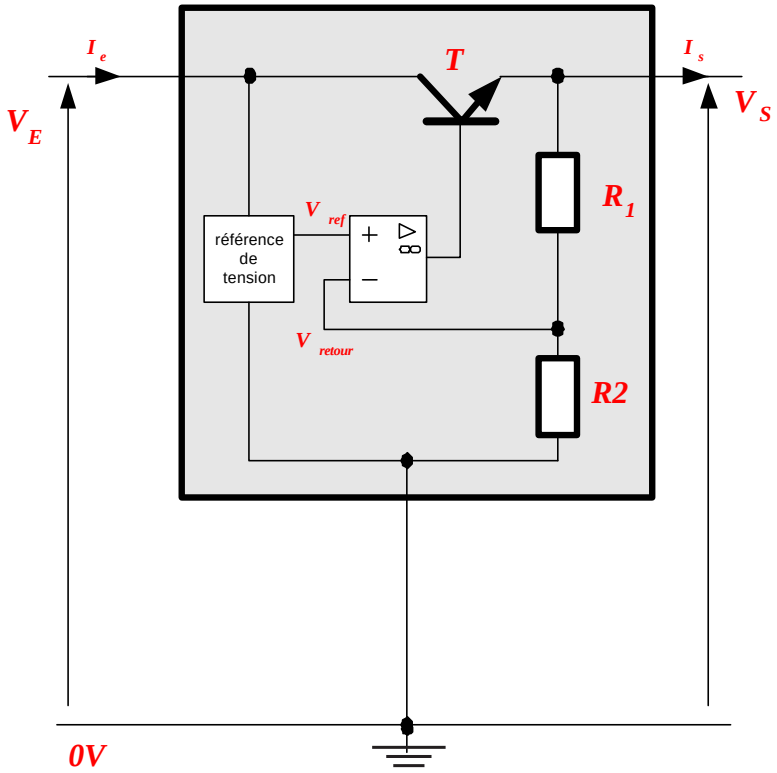
Ce document est la propriété intellectuelle de son auteur.

II.5.3) Régulation par circuit intégré.

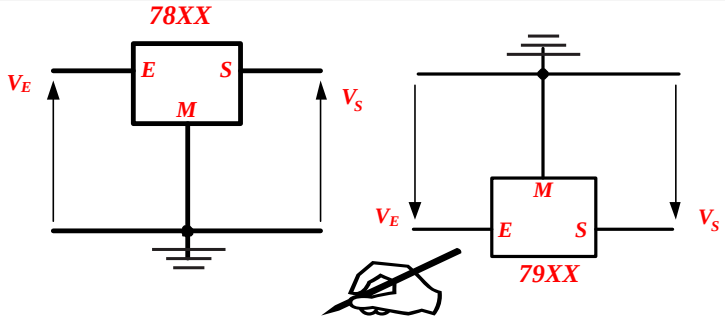
La fonction d'un régulateur de tension est de convertir une tension ayant une certaine ***ondulation*** en une tension particulièrement ***stable***. Il doit maintenir ces conditions de stabilité dans une large gamme de variations du courant de charge, et également pour les fluctuations de la tension d'entrée.

II.5.3.1) Principe.

- Si la tension ***Vs*** diminue alors ***Vretour*** diminue donc ε augmente et ***Vs*** augmente.
- Et réciproquement si la tension ***Vs*** augmente alors ***Vretour*** augmente donc ε diminue et ***Vs*** diminue.



Il existe énormément de circuits intégrés pour réguler des tensions positives et négatives. Les plus connus sont certainement les régulateurs 3 broches de la famille ***78XX*** et ***79XX.***



II.5.3.2) Tableau des principaux régulateurs 78XX.

Copie de la revue Elektor.

Courant nominal → Tension nominale ↓	1,5 A	100 mA	500 mA	3 A
2,6 V		78L02		
3 V		78L03		
5 V	7805	78L05	78M05	78T5
6 V	7806	78L06	78M06	
8 V	7808	78L08	78M08	
8,5 V	7885			
9 V	7809	78L09		
10 V	7810	78L10		
12 V	7812	78L12	78M12	78T12
15 V	7815	78L15	78M15	78T15
18 V	7818	78L18		
20 V			78M20	
24 V	7824		78M24	
— 5 V	7905	79L05	79M05	
— 5,2 V	7952			
— 6 V	7906		79M06	
— 8 V	7908		79M08	
— 12 V	7912	79L12	79M12	
— 15 V	7915	79L15	79M15	
— 18 V	7918			
— 20 V			79M20	
— 24 V	7924		79M24	

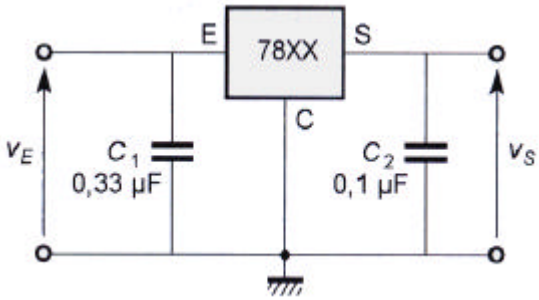
II.5.3.3) Principaux Boîtiers et brochages.

Copie de la revue Elektor.

Boîtier TO-3		Boîtier TO-39 (métal)	
78XX 78TXX LM323	79XX	78LXX 78MXX	79LXX
Vue de dessous S, E Boîtier = M	Vue de dessous S, M Boîtier = E	Vue de dessous M, S, E	Vue de dessous E, S, M
S, M, E	S, E, M	E, M, S	M, E, S

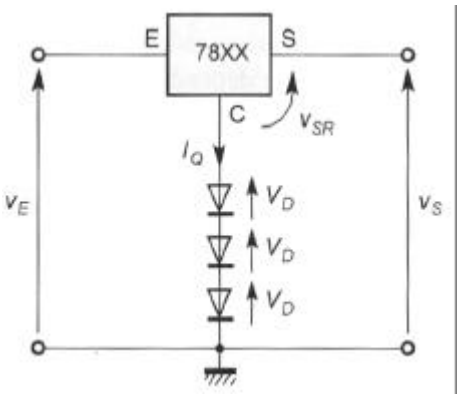
Boîtier TO-220		Boîtier TO-92 (plastique)	
78XX 78MXX 78TXX	79XX 79MXX	78LXX	79LXX
Vue de face S, M, E	Vue de face S, E, M	Vue de dessous S, M, E	Vue de dessous M, E, S
E, M, S	M, E, S	E, M, S	S, E, M

II.5.3.4) Montages de base.

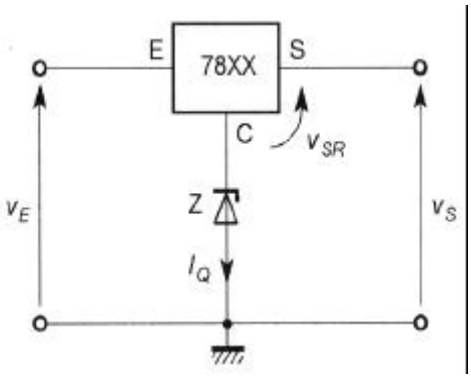


Ce montage est fort simple, les condensateurs ***C1*** et ***C2*** sont préconisés par les constructeurs. **C1** est nécessaire si le régulateur est placé à plus de ***10*** cm du condensateur de filtrage et ***C2*** améliore le temps de réponse du régulateur.

Augmentation de la tension de sortie.



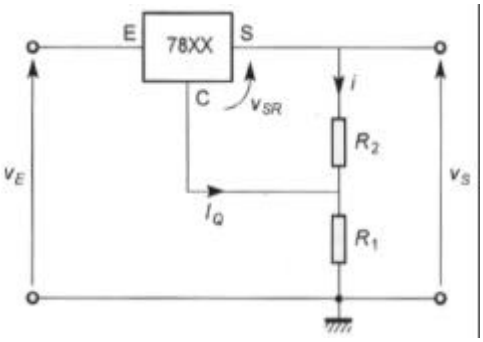
Vs= Vsr + 3 x Vd



Vs = Vsr + Vz

Vsr = Tension du régulateur

Modification de la tension de sortie.



Vs = Vsr + R_1 * (i +i_Q)

Vsr = Tension du régulateur

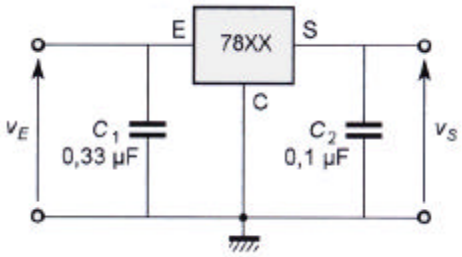
On choisit i >> i_Q

Dans ces conditions

$$V_S \approx Vsr * (1 + \frac{R_1}{R_2})$$

" Copie doc Constructeur."

II.5.3.5) Calcul des composants.



C1 et ***C2*** sont donnés par le constructeur du régulateur.

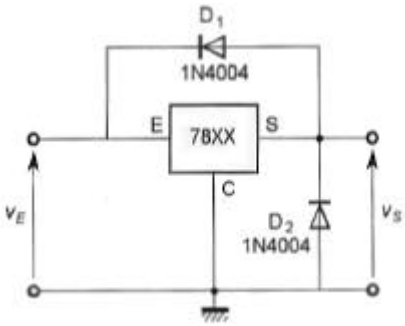
Le choix de ***Ve*** se fait en fonction de ***Vs*** et de ***Vdrop***, cette dernière est donnée par le constructeur, en général ***Vdrop*** minimum 3V.

$$V_{E\,\min} = Vs + Vdrop \approx Vs + 3V \qquad Vdrop_{\min} = V_{E\,\min} - Vs$$

La puissance dissipée par le régulateur:

$$P_T \approx (U_{C\,moy} - V_s) * i_{s\max}$$

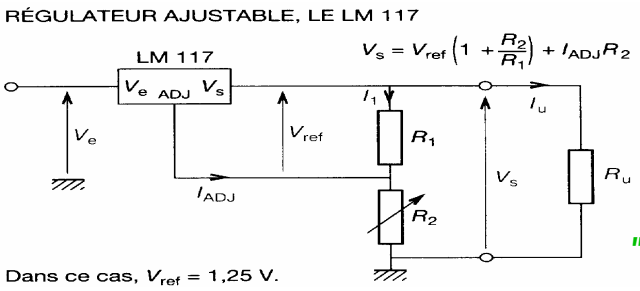
II.5.3.6) Protection des régulateurs.



D1: protège le régulateur contre une sur tension en sortie, effet selfique.

D2: protège le régulateur contre les inversions de polarité.

II.5.3.7) Régulateurs ajustables : LM117 ou LM317.



" Copie doc Constructeur."

$$I_{ADJ} << I_1 \text{ donc } V_S \approx V_{REF} * (1 + \frac{R_1}{R_2}) \; avec \; V_{REF} = 1.25V$$

II.6) Dissipation thermique.

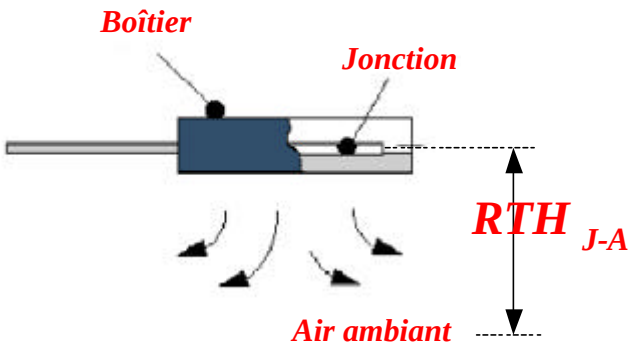
La dissipation de puissance dans un SEMICONDUCTEUR est limitée par la température de la JONCTION. En général T_{Jmax} en fonctionnement = **150°C**.

Dans les alimentations, on doit vérifier par le calcul si on doit implanter un dissipateur sur un régulateur ou sur un transistor ballast.

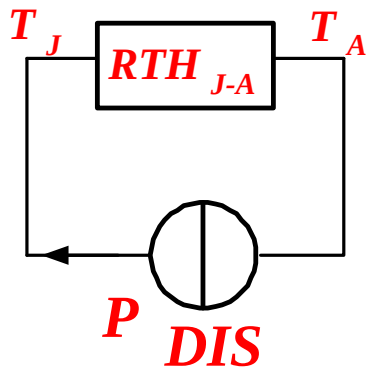
Il faut considérer le composant seul sans radiateur, et lui associer un modèle thermique.

II.6.1) Modèle thermique sans dissipateur :

" Copie doc Constructeur."



Modèle thermique sans radiateur :



- La résistance thermique **RTH $_{J-A}$** d'un composant électrique est équivalente à une résistance électrique classique, sauf que son unité s'exprime en **°C/W**.
- La puissance dissipée **P_{DIS}** par un composant est équivalent à un courant électrique, sauf que l'unité s'exprime en **watt**.
- La différence de températures **T_j-T_a** est équivalente à une différence de potentiels.

Loi d'ohm thermique	Loi d'ohm électrique
Puissance dissipée : Pd (w)	Courant I (Ampère)
Résistance thermique RTH (°C/W)	Résistance R (Ohm)
Différence de température T (°C)	Différence de potentiel U (Volt)
Tj - Ta = Pd . RTH	V1 - V2 = R . I

Le constructeur donne souvent pour un composant les valeurs suivantes :

T_J : Température de jonction à ne pas dépasser, en général **150°C.**

T_A : Température ambiante de fonctionnement, en général **25°C** on peut garder une marge de sécurité en prenant **20 °C** de plus.

RTH $_{J-A}$: Résistance thermique Jonction Ambiant à ne pas dépasser, donnée par le constructeur.

II.6.2) Calculs à effectuer pour savoir si l'on doit implanter un dissipateur :

1) Il faut calculer la puissance que le composant doit dissiper: ⇨ **P_{DIS}**

1.1) Si le composant est un transistor ballast.

⇨ $$P_{DIS} = V_{CE} * i_C$$

1.2) Si le composant est un régulateur de tension type 78XX.

⇨ $$P_{DIS} \approx (U_{C\,moy} - U_s) * i_{s\,\max}$$

2) Calculer la température de jonction **T_J du composant**.

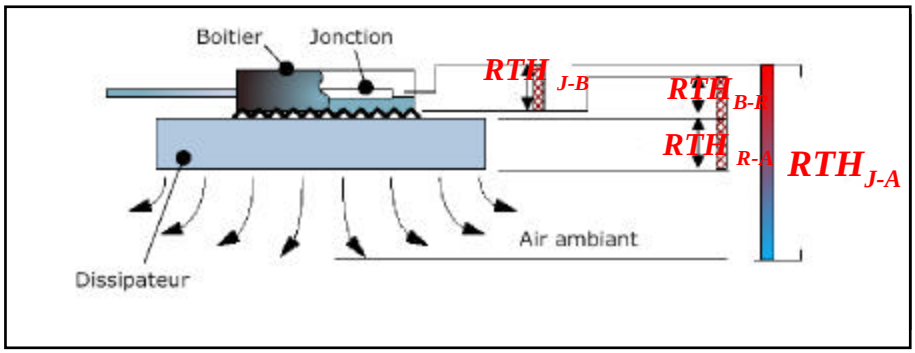
$$T_J \text{ du composant} = P_{DIS} * (RTH_{J-A} \text{ donnée par le constructeur}) + T_A$$

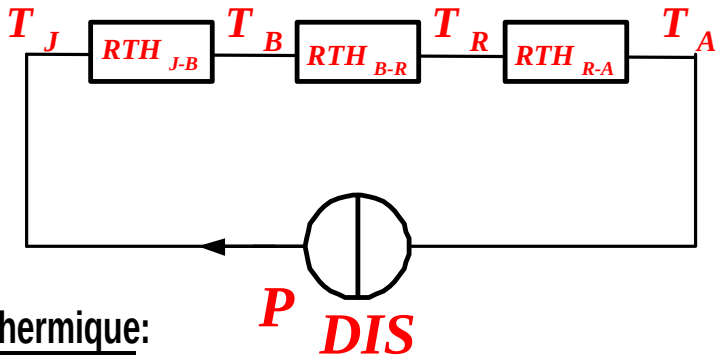
Si **Tj du composant > Tj max** alors il faut un **dissipateur**.

Joule
1818 - 1889

Ce document est la propriété intellectuelle de son auteur.

II.6.3) Modèle thermique avec dissipateur :





Loi d'ohm thermique:

$$T_J - T_A = P_{DIS} * (RTH_{J-B} + RTH_{B-R} + RTH_{R-A})$$

RTH $_{J-B}$ ou **RTH $_{j-c}$** : Résistance thermique Jonction Boîtier.

RTH $_{B-R}$ ou **RTH $_{c-d}$** : Résistance thermique Boîtier Radiateur. C'est la résistance de contact entre le composant et le radiateur, elle peut-être améliorée par l'emploi de graisse thermique.

RTH $_{R-A}$ ou **RTH $_{d-a}$**: Résistance thermique Radiateur Ambiant, c'est la résistance du radiateur. Elle dépend des dimensions du radiateur.

Régulateurs de tension : LM 78XX ou 79XX		
Boîtier	**TO220**	**TO3**
RTH jb	3 °C/W	4 °C/W
RTH ja	50 °C/W	35 °C/W

	RTH br en °C/W			
	Direct	avec graisse	avec isolant	isolant et graisse
TO-3	0,6	0,1	1	0,5
TO-126	1	0,5	6	3
TO-220	1,4	0,3	2,2	0,8

" Copie doc Constructeur."

II.6.4) Calcul d'un dissipateur:

T_{jmax} : Température max de jonction, donnée par le constructeur.

T_A : Température max ambiante, en général 25°C, on peut prendre une marge de sécurité de 20°C.

P_{DIS} : Puissance à dissiper par le composant :

Pour un transistor ballast : $\boxed{P_{DIS} = (V_{E\,max} - V_s) * i_{s\,max}}$

Pour un régulateur : $\boxed{P_{DIS} \approx (U_{C\,moy} - U_s) * i_{s\,max}}$

" Copie doc Constructeur."

$$\boxed{T_J\ calculée = P_{DIS} * (RTH_{J-A}\ donnée\ par\ le\ constructeur) + T_A}$$

Si **Tj calculée > Tj max** alors il faut un **dissipateur**.

Calcul de la résistance thermique à ne pas dépasser.

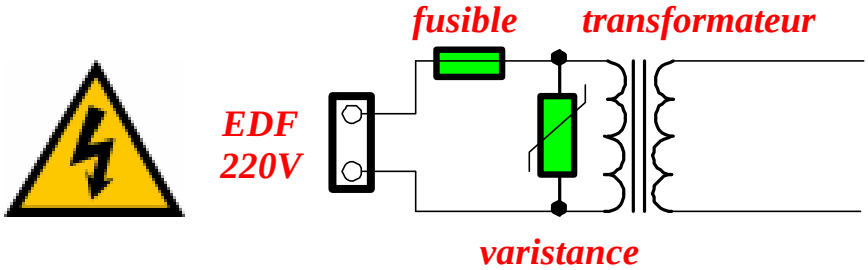
$$\boxed{RTH_{R-A}\ \max \leq \frac{T_{J\,max} - T_A}{P_{DIS}} - (RTH_{J-B} + RTH_{B-R})}$$

II.7) Protection des alimentations électriques.

.....

La protection des alimentations électriques est souvent réalisée au primaire du transformateur.

On utilise un **fusible** pour les protéger contre les sur intensités et une varistance contre les sur tensions.

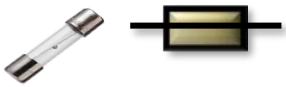


Choix des composants:

1) La varistance.

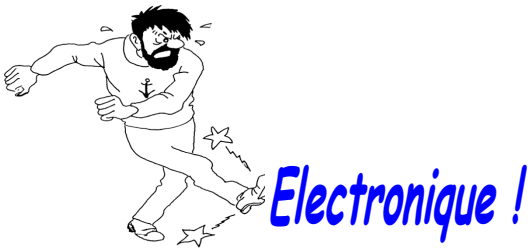
Sa valeur est fonction de la tension du secteur.

2) Le fusible.



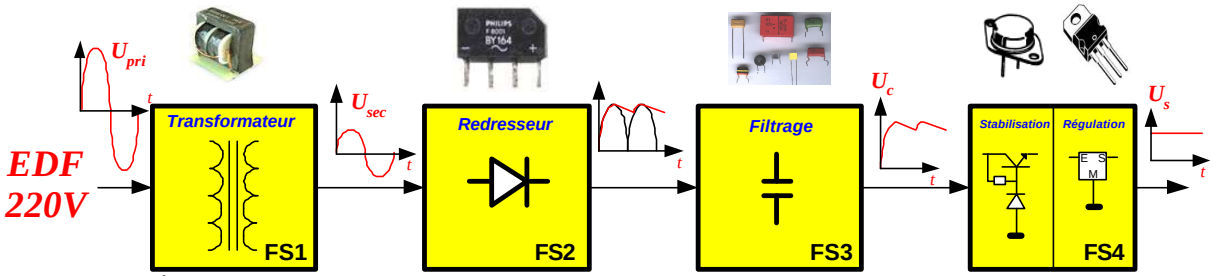
Le type fusible doit être temporisé **T** ou encore très temporisé **T T** pour qu'il puisse supporter la pointe d'intensité due à la mise sous tension de l'alimentation (Condensateurs déchargés).

Sa valeur nominale **In** est égale : $\boxed{In = \frac{U2 * I2}{U1} = \frac{S}{U1}}$



II.8) Dimensionner une alimentation stabilisée ou régulée.

Remarque: Pour dimensionner ou calculer les éléments constituants une alimentation, la méthode la plus souvent utilisée est d'effectuer le choix des composants en commençant par la sortie pour remonter vers l'entrée.



Hypothèses : ⇨ On donne en générale la puissance de sortie P_s ainsi que U_s et I_s ⇦

DÉBUT

Choix du régulateur ou du stabilisateur
Choisir les éléments associés au stabilisateur ou au régulateur (FS4).
- Type de régulateur.
- Type de stabilisateur (transistor BALLAST).

Déterminer la tension minimum ***Uc min*** à l'entrée de FS4.
Uc min=Us+Vdrop (***Vdrop*** tension nécessaire au bon fonctionnement du régulateur).

Calcul du condensateur de filtrage
Calculer ***Cmin*** en tenant compte de ***DUC***.
Cmin = (DT / DUC) * Is
C nominal = 1,5 * Cmin
U nominale = 1,5 * Uc min.

Choix des diodes.
IF = IS , VF
U inverse max < VRRM

Calcul et choix du transformateur.
Uc max = Uc min + DUc
U sec max = Uc max - U chute
U chute= VF ou 2.VF (Pont de diodes).
U sec efficace = Usec max / Ö2

I sec max = (Is *p) / 2
I sec efficace = I sec max / Ö2
d'où la puissance ***S (V.A) = U sec efficace * I sec efficace.***

Calcul du fusible de protection (au primaire).
I prim = I sec * (U sec / U prim)
Le fusible doit être du type ***T*** ou ***TT***, c'est à dire temporisé.

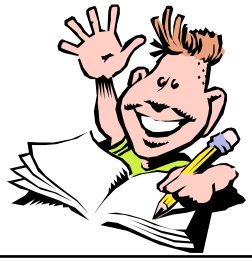
Calcul de l'énergie perdue et /ou calcul du dissipateur
Uc moy = Uc min + (DUC/2)
P dis = (Uc moy - Us) * Is pour un régulateur.
P dis= VCE * Ic pour un transistor BALLAST.
Tj calculée = P dis * (RTH ja donnée par le constructeur) + Ta

si Tj calculée > Tj max il faut un dissipateur

la résistance thermique du dissipateur
RTH ra <= (Tjmax - Ta)/Pdis - (RTH jb + Rth br).

FIN

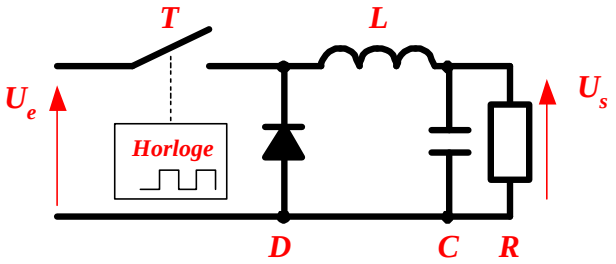
Les alimentations à découpage...



III.1) Classification des alimentations à découpage.

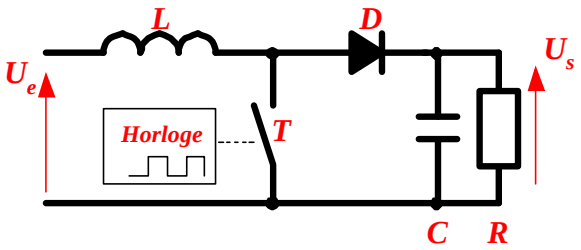
Non isolées de la source

Convertisseur abaisseur « BUCK »



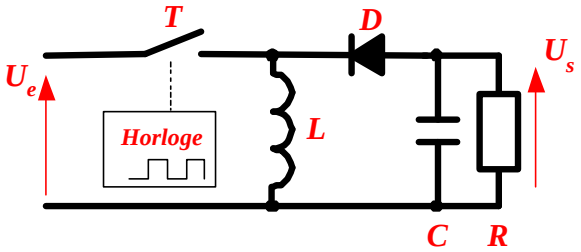
$$V_s = a\ V_e\ avec\ a < 1$$

Convertisseur élévateur « BOOST »



$$V_s = \frac{1}{1-a} V_e\ avec\ V_s > V_e$$

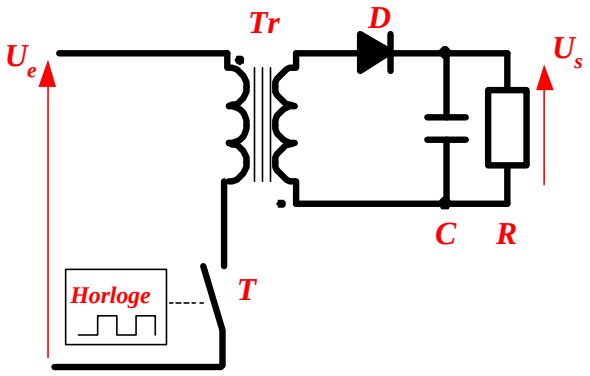
Convertisseur inverseur « BUCK BOOST »



$$V_s = -\frac{a}{1-a} V_e\ avec\ V_s < 0$$

Isolées de la source

Convertisseur flyback

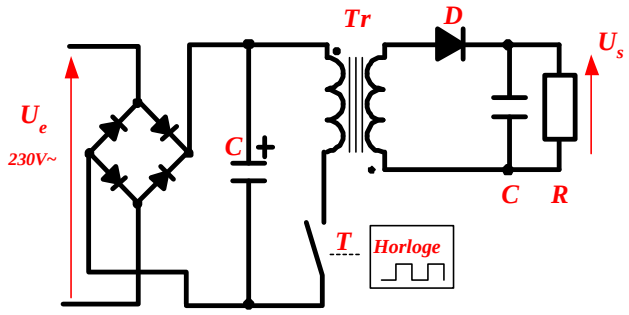


Ce convertisseur est très utilisé dans les alimentations. Il permet de s'affranchir de transformateurs volumineux. La tension aux bornes d'un enroulement est fonction de la fréquence (Us = 4.44 * B*N*S*f). Pour une même valeur de tension si f augmente alors N diminue et par conséquent le volume du transformateur.

Pour une alimentation classique : f=50Hz

Pour une alimentation à découpage : f > 20 Khz.

Schéma typique d'une alimentation.

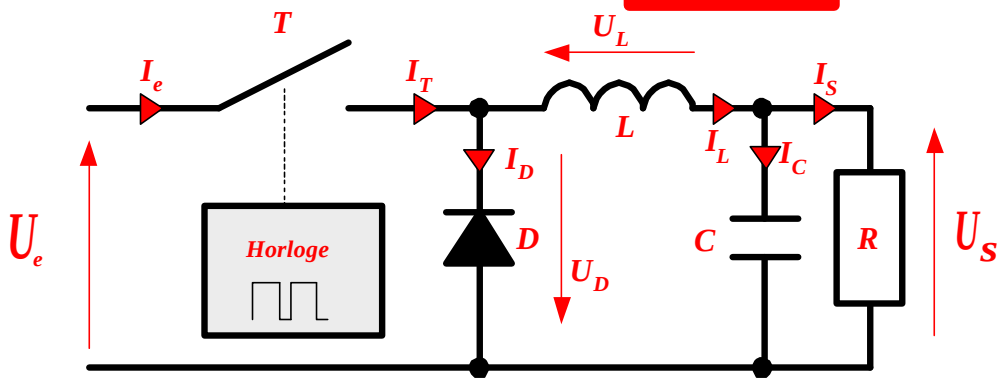


Remarque : On redresse directement le secteur, par conséquent le pont diodes et le condensateur de filtrage devront être correctement dimensionnés pour supporter ce secteur.

III.1) Les alimentations non isolées de la source: (avec une bobine).

Elles permettent **d'abaisser**, **élever** et **inverser** une tension continue avec de très faibles pertes. Par conséquent ils ont un très bon rendement, peu d'énergie à dissiper par le transistor.

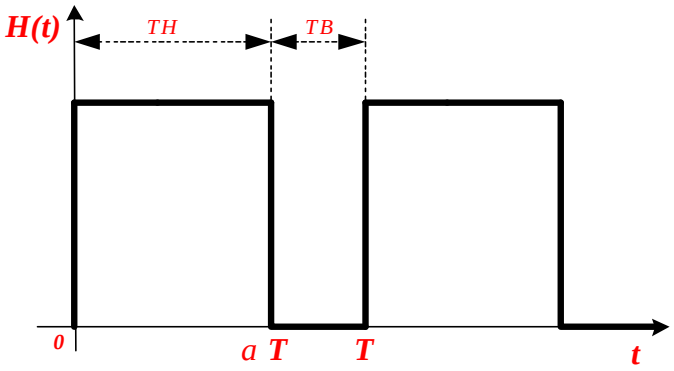
III.1.1) Convertisseur abaisseur. → "BUCK"



$$V_s = a\ V_e \ avec\ a < 1$$

III.1.1.1) Principe de fonctionnement :

Le transistor **T** est commandé par une horloge **H**. Pendant le temps haut de l'horloge (**PHASE N°1 de 0 à** a **T**), le transistor **T** est commandé et la bobine **L** emmagasine de l'énergie, puis pendant le temps bas de l'horloge (**PHASE N°2 de** a **T à T**), le transistor est bloqué et la bobine **L** restitue l'énergie emmagasinée.

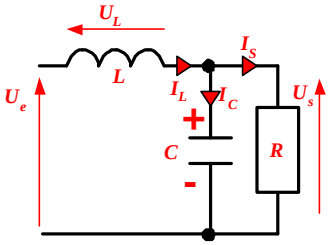
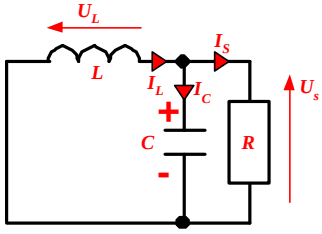


$$Le\ \ rapport\ \ cyclique\ \ a = \frac{TH}{T} = \frac{a\,T}{T}$$

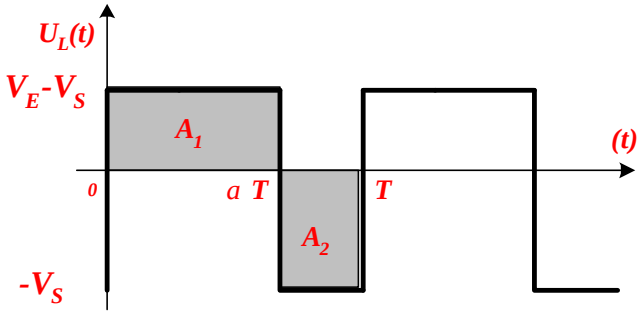
LES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES.

Remarques importantes: Pour comprendre le fonctionnement des convertisseurs à découpage, deux conditions sont fondamentales...

1) La valeur moyenne de la tension aux bornes d'une bobine est nulle.
2) La tension de sortie est continue.

Phase N°1 (0 à a T)	Phase N°2 (a T à T)
Explications : Le transistor est passant et la diode **D** est bloquée.	**Explications :** Le transistor est bloqué et c'est la bobine qui fournit l'énergie au montage, la diode **D** est passante.
Schéma équivalent : 	**Schéma équivalent :** 
$U_L = U_E - U_S \; avec \; U_E > U_S$	$U_L = -U_S$

III.1.1.2) Calcul de la fonction de transfert : $U_S = f(U_E)$



$$A_1 = (U_E - U_S)\,a\,T$$
$$A_2 = -U_S\,(T - a\,T)$$

La valeur moyenne de la tension aux bornes d'une bobine est toujours nulle :

$$<U_L> = \frac{1}{T}\int_0^T U_L(t)dt = \frac{1}{T}[A_1 + A_2] = 0$$

$$(U_E - U_S)\,a - U_S\,(1-a) = 0$$

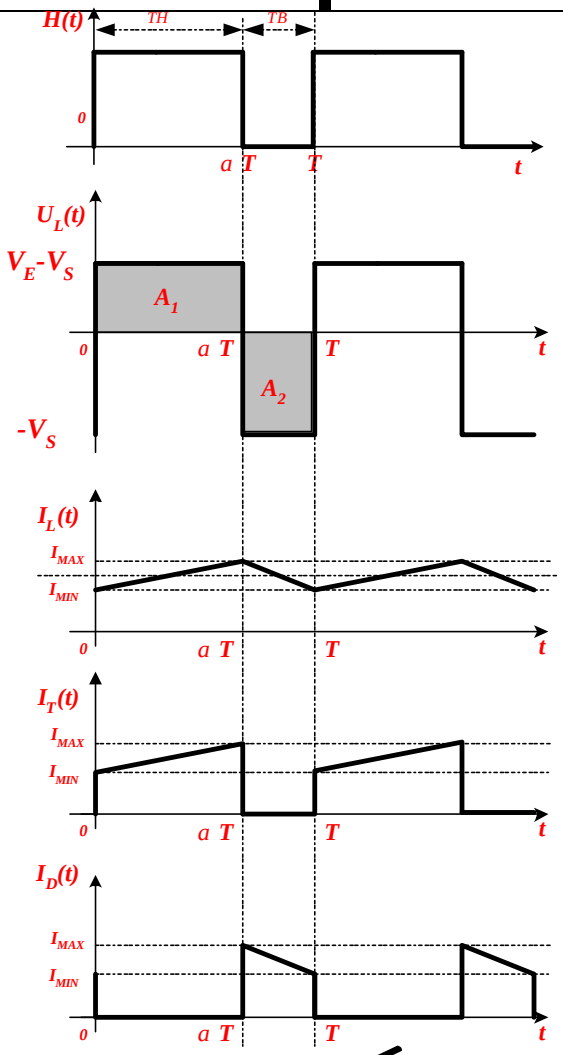
$$a\,U_E - \cancel{a\,U_S} - U_S + \cancel{a\,U_S} = 0$$

$$U_S = a\,U_E$$

III.1.1.3) Etude des signaux:

Phase N°1 (0 à a T)	Phase N°2 (a T à T)
1) IL : Courant dans la bobine : Le courant dans la bobine augmente. $L\frac{di_L}{dt} = U_E - U_S$; $I_L(t) = \frac{U_E - U_S}{L}t + I_{min}$	***1) IL : Courant dans la bobine :*** Le courant dans la bobine diminue. $L\frac{di_L}{dt} = -U_S$; $I_L(t) = \frac{-U_S}{L}t + I_{max}$
2) ID : Courant dans la diode La diode est bloquée : $I_D(t) = 0$	***2) ID : Courant dans la diode*** La diode est passante : $I_D(t) = I_L(t)$
3) IT : Courant dans le transistor Le transistor est passant : $I_T(t) = I_L(t)$	***3) IT : Courant dans le transistor*** Le transistor est bloqué $I_T(t) = 0$

Les Chronogrammes:



III.1.1.4) Choix des composants.

III.1.1.4.1) Choix de la bobine.

Son calcul:
Le calcul de la valeur de la self passe par l'ondulation crête à crête du courant de celle-ci, soit ΔI_L .

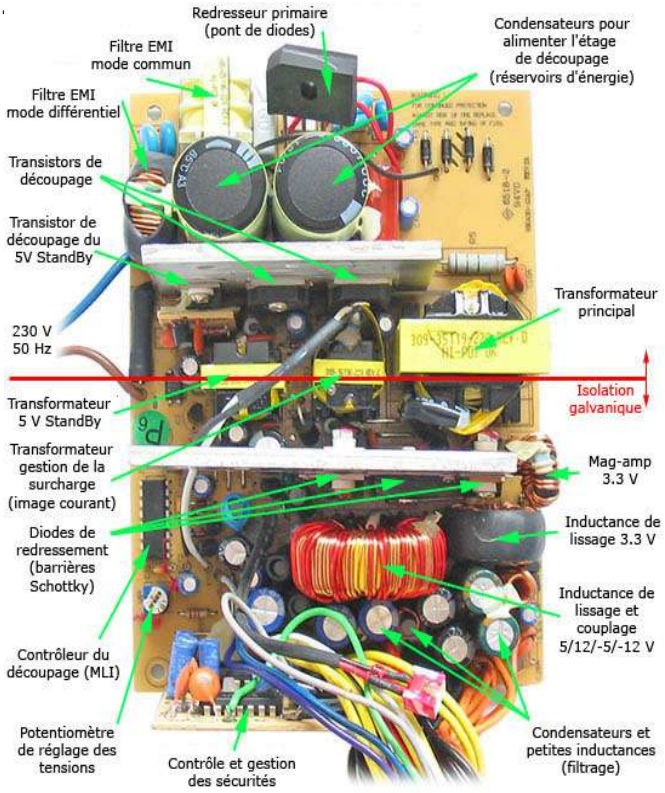
$$\Delta I_L = I_M - I_m = \frac{V_E - V_s}{L} a T \quad \Delta I_L = \frac{(1-a)V_s}{LF}$$

Soit: $\Rightarrow$ $$L = \frac{(1-a)V_s}{\Delta I_L F}$$

Nota :

DI_L Ondulation crête à crête du courant dans la bobine.
F : Fréquence de travail du convertisseur.

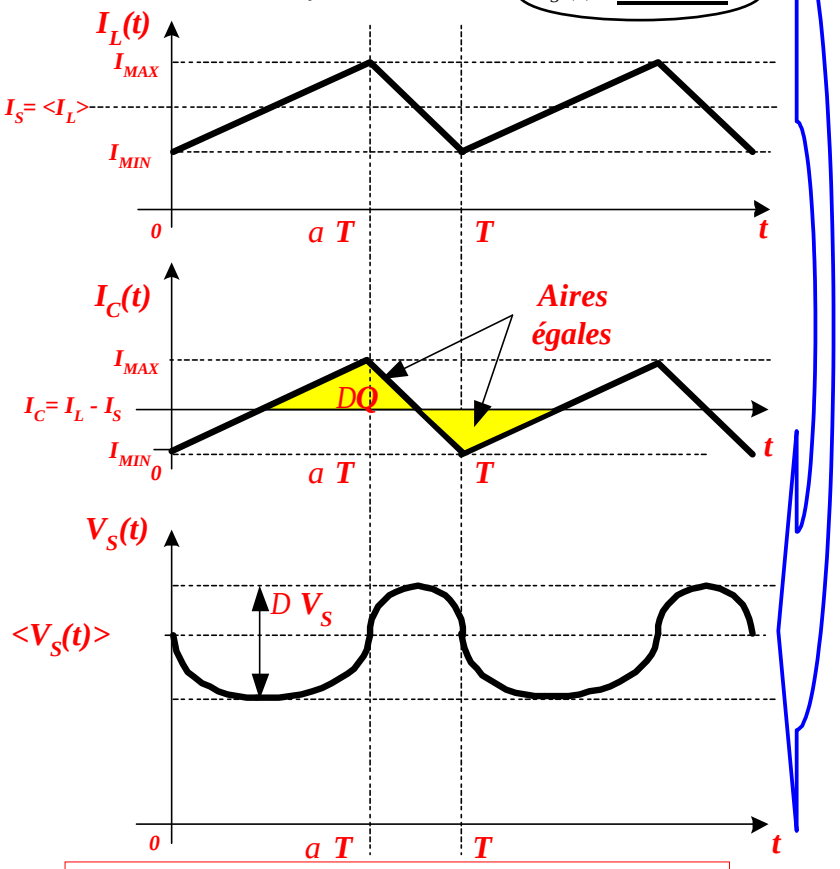
Critères technologiques :
Les selfs utilisées dans les alimentations à découpage doivent en autre supporter les hautes fréquences (jusqu'à ***100KHz***). Il faut toujours choisir les modèles préconisés par les constructeurs.



III.1.1.4.2) Choix du condensateur.

Son calcul:

Depuis le début de cet exposé, j'ai considéré que la tension V_S était continue, mais en réalité une petite variation $v_S(t)$ subsiste.



$$V_S(t) = \frac{1}{C}\int i_C(t)\,dt$$

$$\Delta V_S = \frac{\Delta Q}{C} \quad et \quad \Delta Q = \frac{1}{2}\,\frac{\Delta_{IL}}{2}\,\frac{T}{2} \quad donc\ \Delta V_S = \frac{\Delta I_L}{8CF}$$

$$et\ \Delta I_L = \frac{(1-a)V_s}{LF}\ donc\ \Delta V_S = \frac{(1-a)V_s}{8LCF^2}$$

Soit: ⇨ $$= \frac{(1-a)V_s}{8LF^2\,\Delta V_S}$$

DV_S Ondulation crête à crête de la tension de sortie.

Critères technologiques:

Les condensateurs utilisés dans les alimentations à découpage doivent avoir une faible résistance série (**ESR** **E**ffective **S**erie **R**esistor). En effet l'ondulation de la tension de sortie est proportionnelle aux variations de courant du condensateur.

III.1.1.4.3) Choix de la diode et du transistor T.

Le principal critère de choix de la diode doit être la rapidité, en effet les convertisseurs à découpage fonctionnent à des fréquences de l'ordre de la dizaine de kilohertz. On choisit par conséquent des diodes rapides comme les diodes ***schottky***.
Pour le transistor, il doit posséder une faible résistance et commuter rapidement, on utilise souvent des transistors ***MOS***.

III.1.1.5) Performances.

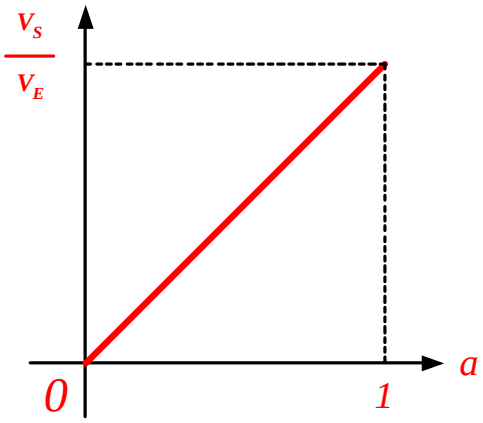
Rendement : Si on considère des composants parfaits (***V_{SAT}=0V*** et ***V_{seuil}=0V***) le rendement est de ***100%***, c'est-à-dire que l'on ne perd pas d'énergie ! !

En réalité la diode a une tension de seuil ***V_D*** et le transistor une tension ***V_{SAT}*** à ses bornes quand il conduit. On peut dans ces conditions calculer le rendement :

$$h = \frac{V_S\,(V_E - V_{sat} + V_D)}{V_E\,(V_S + V_D)}$$

Avec cette équation on obtient des rendements de l'ordre de ***80%*** à ***90%***, à comparer aux rendements des alimentations classiques de l'ordre de ***50%***.

Courbe de transfert.



Ondulations de sorties.

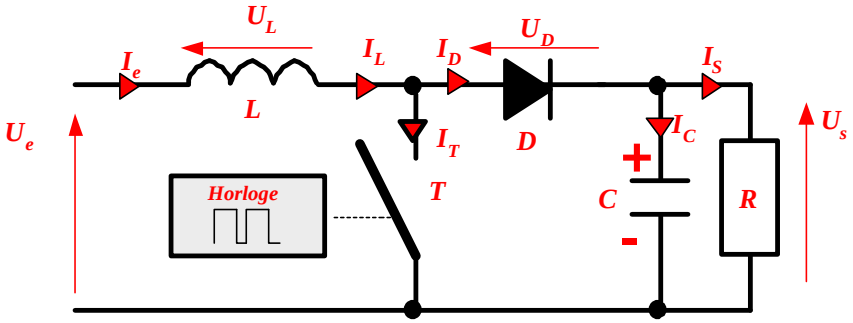
Ondulation du courant dans l'inductance :

$$\Delta I_L = \frac{(1-a)\,a\,V_E}{L\,F}$$

Ondulation de la tension de sortie (ESR = 0 W)

$$\Delta V_S = \frac{(1-a)\,a\,V_E}{8\,L\,C\,F^2}$$

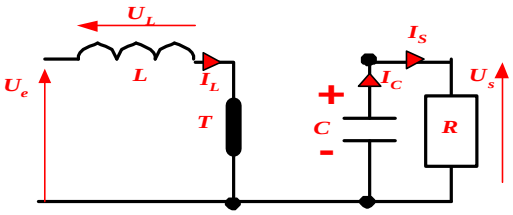
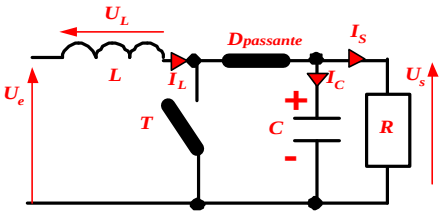
III.1.2) Convertisseur élévateur. ⇨ "BOOST"



$$V_s = \frac{1}{1-a} V_e \; avec \; V_s > V_e$$

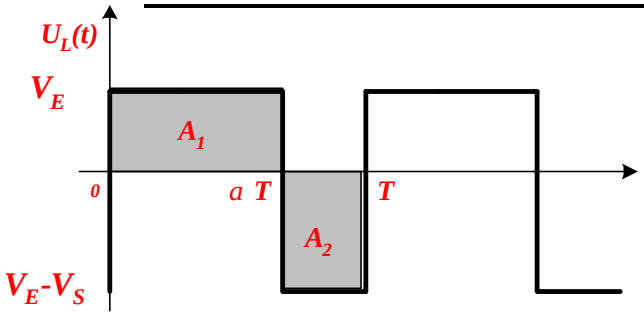
III.1.2.1) Principe de fonctionnement :

Le transistor **T** est commandé par une horloge **H**. Pendant ce temps haut de l'horloge (**PHASE N°1 de 0 à** a **T**), le transistor **T** est commandé et la bobine **L** emmagasine de l'énergie et le condensateur C restitue son énergie à la charge. Pendant le temps bas de l'horloge (**PHASE N°2 de** a **T à T**), le transistor est bloqué et la bobine **L** restitue l'énergie emmagasinée, la diode est passante donc U_s est supérieure à U_e.

Phase N°1 (0 à a T)	***Phase N°2 (a T à T)***
Explications : Le transistor est passant et la diode **D** est bloquée. Le condensateur restitue son énergie.	**Explications :** Le transistor est bloqué et c'est la bobine qui fournit l'énergie au montage, la diode **D** est passante.
Schéma équivalent :  $U_L = U_E \; avec \; U_S > U_E$	**Schéma équivalent :**  $U_S = U_E - U_L \; et \; U_L = L\frac{d\,I_L}{dt}$ Comme le courant I_L diminue alors $U_L < 0$ en conséquence $U_S > U_E$

III.1.2.2) Calcul de la fonction de transfert :

$$U_S = f(U_E)$$



$$A_1 = U_E\, aT$$

$$A_2 = (U_E - U_S)\,(T - aT)$$

La valeur moyenne de la tension aux bornes d'une bobine est toujours nulle :

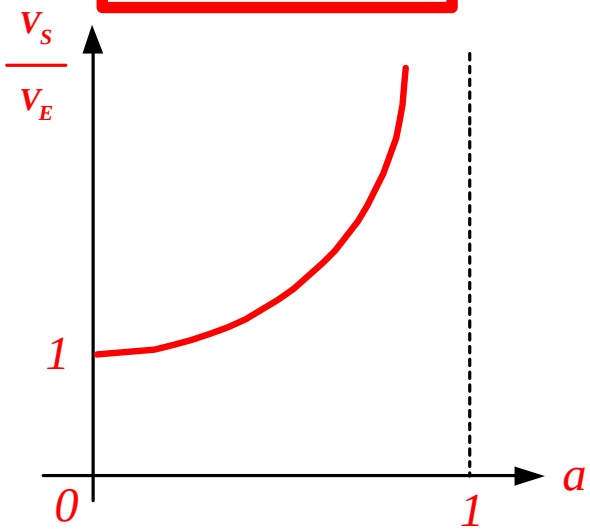
$$< U_L > = \frac{1}{T}\int_0^T U_L(t)dt = \frac{1}{T}[A_1 + A_2] = 0$$

$$U_E\, a + (U_E - U_S)(1-a) = 0$$

$$a\,\cancel{U_E} + U_E - U_S - \cancel{a\,U_E} + a\,U_S = 0$$

$$U_S = \frac{U_E}{(1-a)}$$

Courbe de transfert.

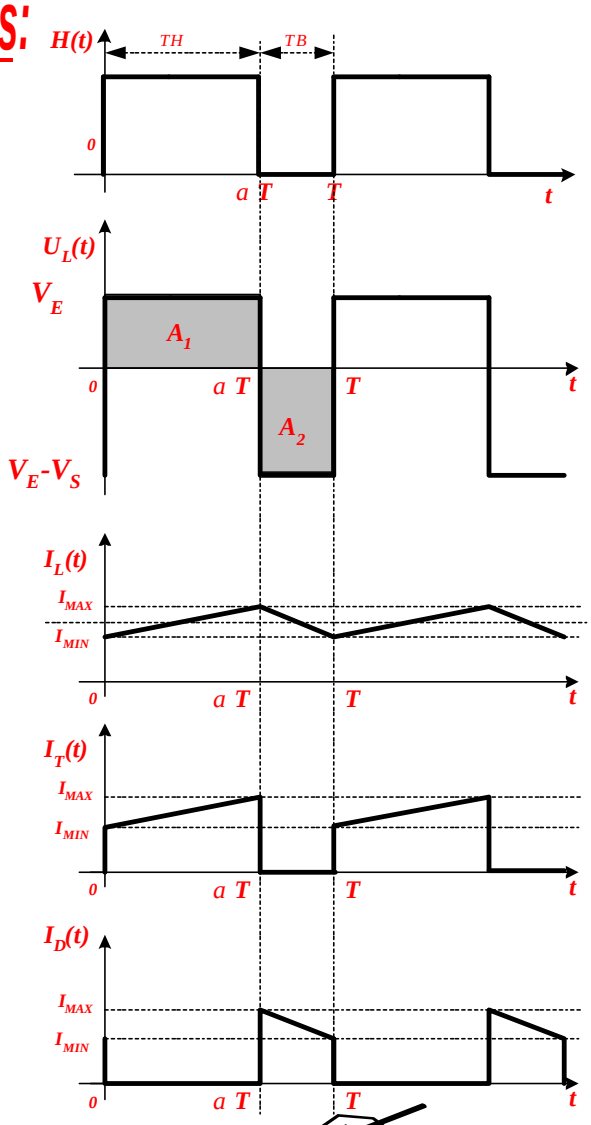


Les tensions élevées avec un rapport cyclique proche de **1** sont difficiles à atteindre à cause des imperfections des composants.

III.1.2.3) Etude des signaux:

Phase N°1 (0 à a T)	Phase N°2 (a T à T)
1) IL : Courant dans la bobine : Le courant dans la bobine augmente. $L\frac{di_L}{dt} = U_E$ $I_L(t) = \frac{U_E}{L}t + I_{min}$	***1) IL : Courant dans la bobine :*** Le courant dans la bobine diminue. $L\frac{di_L}{dt} = U_E - U_S$ $I_L(t) = -\frac{U_S - U_E}{L}t + I_{max}$
2) ID : Courant dans la diode La diode est bloquée : $I_D(t) = 0$	***3) ID : Courant dans la diode*** La diode est passante : $I_D(t) = I_L(t)$
3) IT : Courant dans le transistor Le transistor est passant : $I_T(t) = I_L(t)$	***3) IT : Courant dans le transistor*** Le transistor est bloqué $I_T(t) = 0$

Les chronogrammes:



III.1.2.4) Choix des composants.

III.1.2.4.1) La bobine. ⇨ $L = \frac{(1-a)\,a\,V_s}{\Delta I_L F}$

F : Fréquence de travail du convertisseur, DI_L Ondulation crête à crête du courant dans la bobine.

Critères technologiques :

Les selfs utilisées dans les alimentations à découpage doivent en autre supporter les hautes fréquences (jusqu'à 100KHz). Il faut toujours choisir les modèles préconisés par les constructeurs.

III.1.2.4.2) Le condensateur. ⇨ $C = \frac{a\ I_S}{F\ \Delta V_S}$

DV_S Ondulation crête à crête de la tension de sortie.

Critères technologiques :
Les condensateurs utilisés dans les alimentations à découpage doivent avoir une faible résistance série (**ESR E**ffective **S**erie **R**esistor).

III.1.2.4.3) Choix de la diode et du transistor T.
Le principal critère de choix de la diode doit être la rapidité, en effet les convertisseurs à découpage fonctionnent à des fréquences de l'ordre de la dizaine de kilohertz. On choisit par conséquent des diodes rapides comme les diodes ***schottky***.
Pour le transistor, il doit posséder une faible résistance et commuter rapidement, on utilise souvent des transistors ***MOS***.

III.1.2.5) Performances.
Rendement : Si on considère des composants parfaits (***V_{SAT}=0V*** **et** ***V_{seuil}=0V***) le rendement est de ***100%***, c'est-à-dire que l'on ne perd pas d'énergie ! !
En réalité la diode a une tension de seuil V_D et le transistor une tension V_{SAT} à ses bornes quand il conduit. On peut dans ces conditions calculer le rendement :

⇨ $h = \frac{V_S\ (V_E - V_{sat})}{V_E\,(V_S + V_D - V_{sat})}$ ⇦

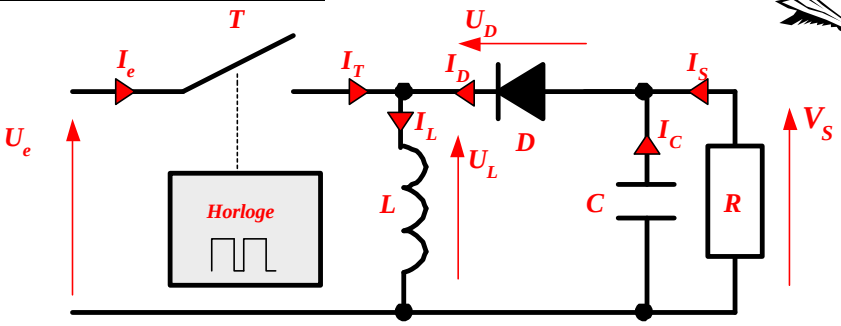
Avec cette équation on obtient des rendements de l'ordre de ***80%*** à 90%, à comparer aux rendements des alimentations classiques de l'ordre de ***50%***.

Ondulations de sorties.

- ***Ondulation du courant dans l'inductance :*** ⇨ $\Delta I_L = \frac{a\ V_E}{L\,F}$

- ***Ondulation de la tension de sortie*** **(ESR = 0W)*:*** ⇨ $\Delta V_S = \frac{I_S\ a}{C\,F}$

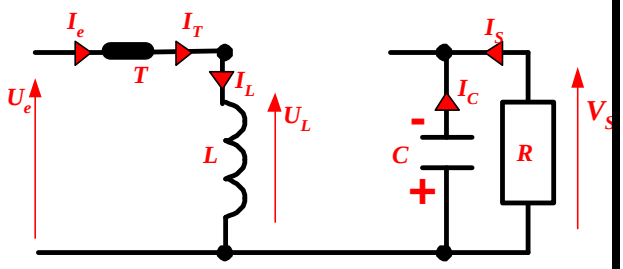
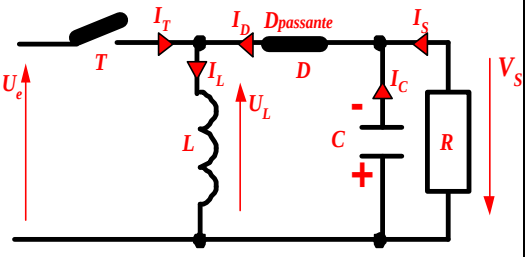
III.1.3) Convertisseur inverseur « *BUCK - BOOST* ».



$$V_s = -\frac{a}{1-a} V_e \; avec \; V_s < 0$$

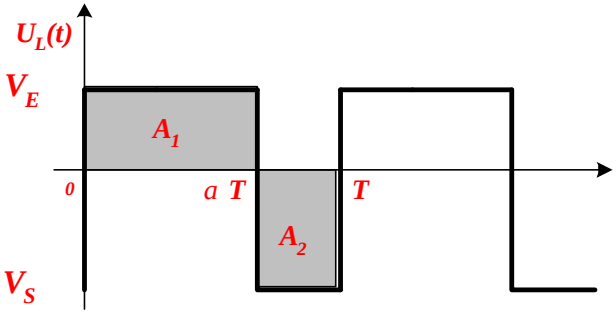
III.1.3.1) Principe de fonctionnement :

Le transistor **T** est commandé par une horloge **H**. Pendant le temps haut de l'horloge (**PHASE N°1 de 0 à** a **T**), le transistor **T** est commandé, la bobine **L** emmagasine de l'énergie et le condensateur **C** restitue son énergie à la charge. Pendant le temps bas de l'horloge (**PHASE N°2 de** a **T à T**), le transistor est bloqué et la bobine **L** restitue l'énergie emmagasinée, la diode est passante, le courant I_L diminue donc U_L change de signe et devient négative et par conséquence U_S.

Phase N°1 (0 à a T)	***Phase N°2 (a T à T)***
Explications : Le transistor est passant et la diode **D** est bloquée. Le condensateur restitue son énergie.	**Explications :** Le transistor est bloqué et c'est la bobine qui fournit l'énergie au montage, la diode **D** est passante.
Schéma équivalent : 	**Schéma équivalent :** 
$U_L = U_E \; avec \; U_S < U_E$	$U_S = -U_L \; et \; U_L = L\frac{d\,I_L}{dt}$ comme le courant I_L diminue alors $U_L < 0$ en conséquence $U_S > U_E$

III.1.3.2) Calcul de la fonction de transfert :

$$U_S = f(U_E)$$



$$A_1 = U_E\, aT$$
$$A_2 = U_S\,(T - aT)$$

La valeur moyenne de la tension aux bornes d'une bobine est toujours nulle :

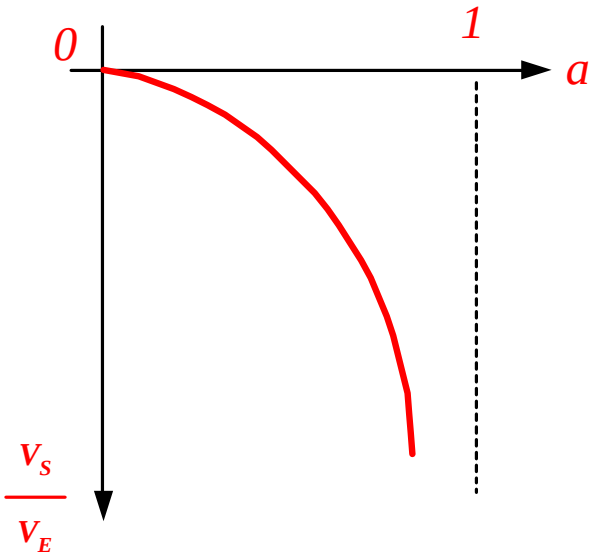
$$< U_L > = \frac{1}{T}\int_0^T U_L(t)dt = \frac{1}{T}[A_1 + A_2] = 0$$

$$U_E\, a + U_S(1-a) = 0$$

$$a\, U_E + U_S - a\, U_S = 0$$

$$U_S = -\frac{a\, U_E}{(1-a)}$$

Courbe de transfert.

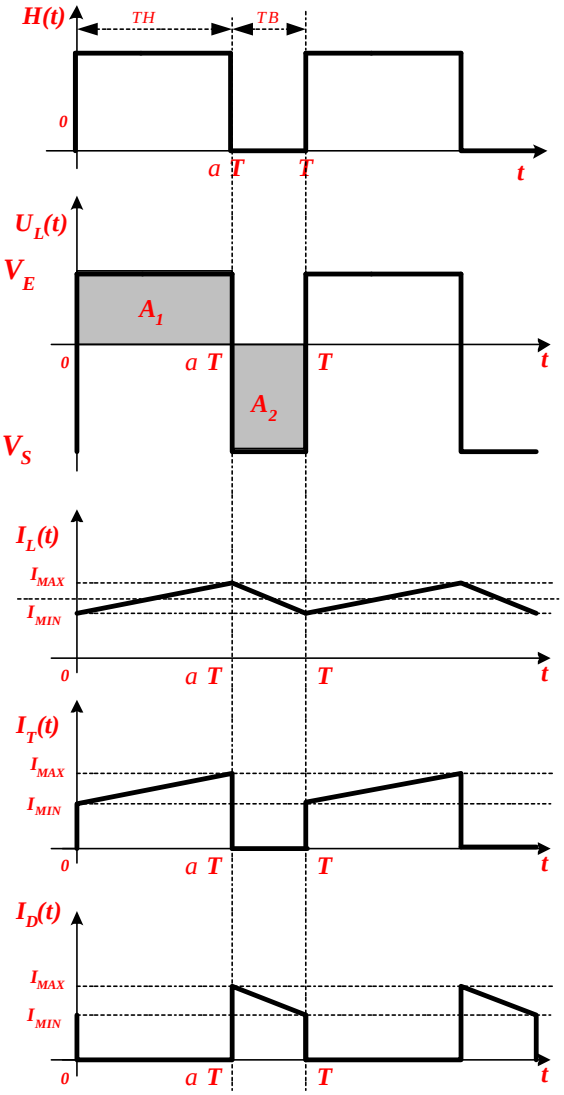


Les tensions élevées avec un rapport cyclique proche de ***1*** sont difficiles à atteindre à cause des imperfections des composants.

III.1.3.3) Etude des signaux

Phase N°1 (0 à a T)	Phase N°2 (a T à T)
1) IL : Courant dans la bobine : Le courant dans la bobine augmente. $L\frac{di_L}{dt} = U_E$ $I_L(t) = \frac{U_E}{L}t + I_{min}$	***1) IL : Courant dans la bobine :*** Le courant dans la bobine diminue. $L\frac{di_L}{dt} = U_S$ $I_L(t) = \frac{U_S}{L}t + I_{max}$
2) ID : Courant dans la diode La diode est bloquée : $I_D(t) = 0$	***4) ID : Courant dans la diode*** La diode est passante : $I_D(t) = I_L(t)$
3) IT : Courant dans le transistor Le transistor est passant : $I_T(t) = I_L(t)$	***3) IT : Courant dans le transistor*** Le transistor est bloqué $I_T(t) = 0$

Les chronogrammes:



III.1.3.4) Choix des composants.

III.1.3.4.1) La bobine.

$$L = \frac{(1-a)|V_S|}{\Delta I_L F}$$

F : Fréquence de travail du convertisseur.
DI_L Ondulation crête à crête du courant dans la bobine.

Critères technologiques :

Les selfs utilisées dans les alimentations à découpage doivent en autre supporter les hautes fréquences (jusqu'à 100KHz). Il faut toujours choisir les modèles préconisés par les constructeurs.

III.1.3.4.2) Le condensateur.

$$C = \frac{a\ I_S}{F\ \Delta V_S}$$

DV_S Ondulation crête à crête de la tension de sortie.

Critères technologiques :

Les condensateurs utilisés dans les alimentations à découpage doivent avoir une faible résistance série (**ESR E**ffective **S**erie **R**esistor). En effet l'ondulation de la tension de sortie est proportionnelle aux variations de courant du condensateur.

III.1.3.4.3) Choix de la diode et du transistor T.

Le principal critère de choix de la diode doit être la rapidité, en effet les convertisseurs à découpage fonctionnent à des fréquences de l'ordre de la dizaine de kilohertz. On choisit par conséquent des diodes rapides comme les diodes ***schottky***.
Pour le transistor, il doit posséder une faible résistance et commuter rapidement, on utilise souvent des transistors ***MOS***.

III.1.3.5) Performances.

Rendement : Si on considère des composants parfaits (***V_{SAT}=0V*** et ***V_{seuil}=0V***) le rendement est de ***100%***, c'est-à-dire que l'on ne perd pas d'énergie ! !
En réalité la diode a une tension de seuil ***V_D*** et le transistor une tension ***V_{SAT}*** à ses bornes quand il conduit. On peut dans ces conditions calculer le rendement :

$$h = \frac{V_S\ (V_E - V_{sat})}{V_E\ (V_S + V_D)}$$

Avec cette équation on obtient des rendements de l'ordre de ***80%*** à ***90%***, à comparer aux rendements des alimentations classiques de l'ordre de ***50%***.

Ondulations de sorties.

Ondulation du courant dans l'inductance :

$$\Delta I_L = \frac{a\ V_E}{L F}$$

Ondulation de la tension de sortie (ESR = 0W):

$$\Delta V_S = \frac{I_S\ a}{C F}$$

ELECTRONIQUE / ROBOTIQUE.

LES ALIMENTATIONS ELECTRIQUES.

IV) Bibliographie.

- Alimentations à découpage Michel GIRARD DUNOD.
- Alimentations linéaires Michel GIRARD _DUNOD.
- Les alimentations électroniques Pierre Mayé -DUNOD.
- Les alimentations électroniques. R. DAMAYE
- Documents Techniques " constructeurs ".
- Mes cours " Electronique technique Industrielle du C.N.A.M "
- Internet.

elektor magazine

Ce document est la propriété intellectuelle de son auteur.

La fin de ce poly !

ELECTRONIQUE / ROBOTIQUE.

l'Electronique !

Notes personnelles...

Document de travail

ELECTRONIQUE / ROBOTIQUE.

l'Electronique !

Notes personnelles...

Document de travail