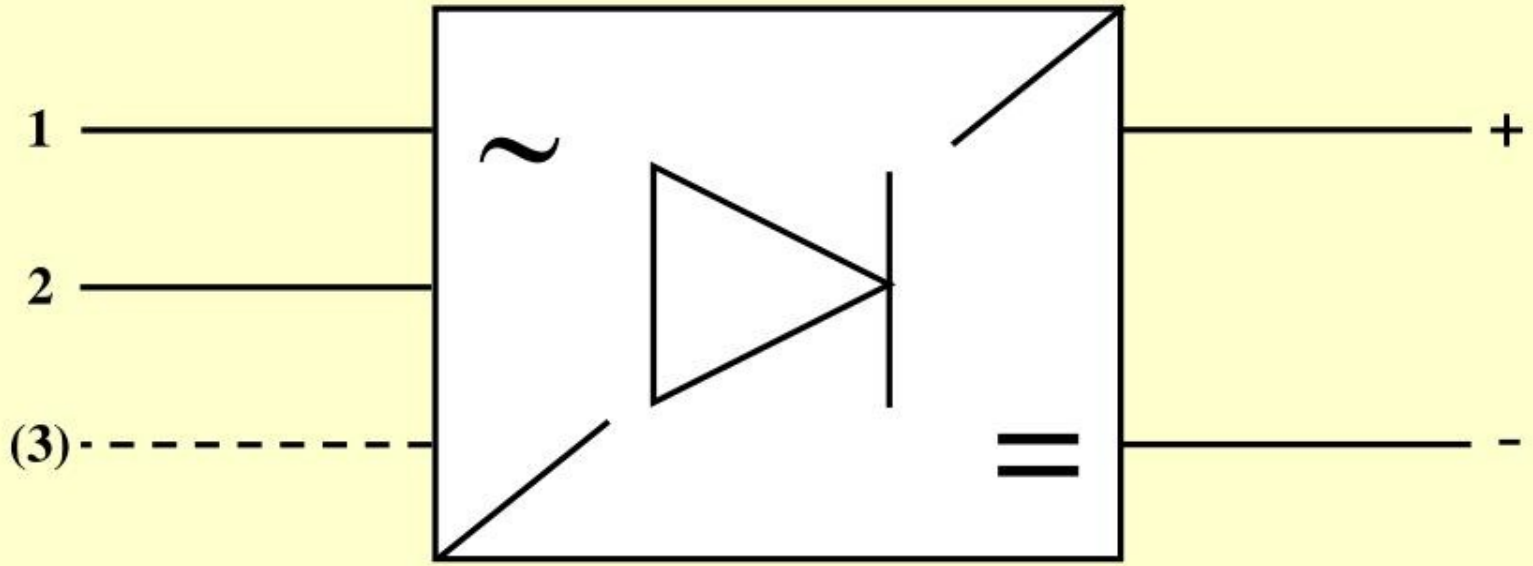
Les redresseurs

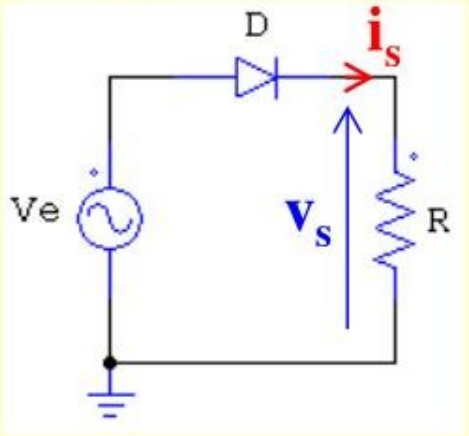


Conversion électrique / électrique
alternatif → continu

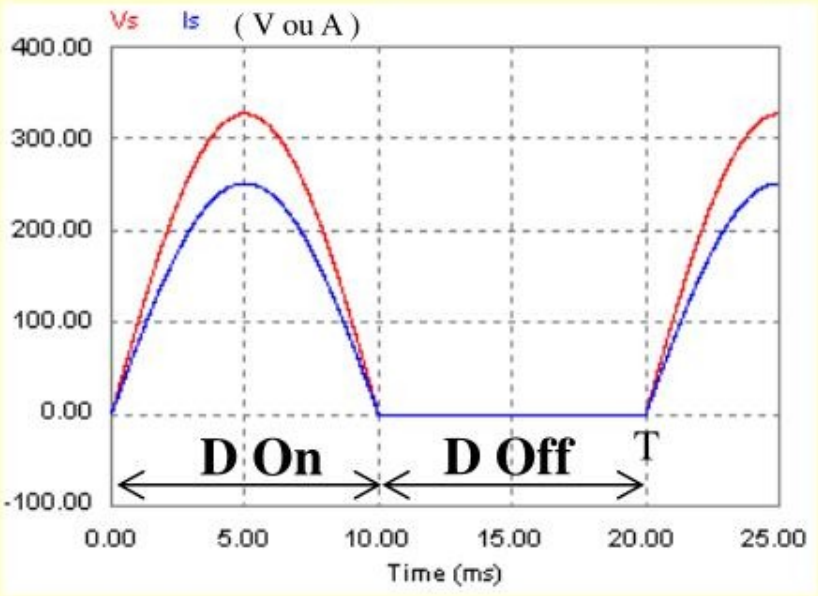
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Redresseur élémentaire à 1 diode

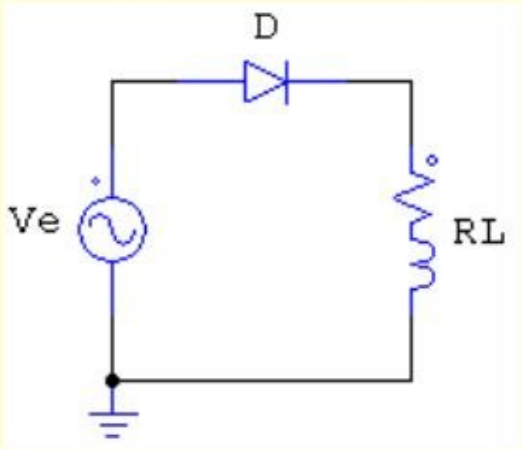
Charge résistive :



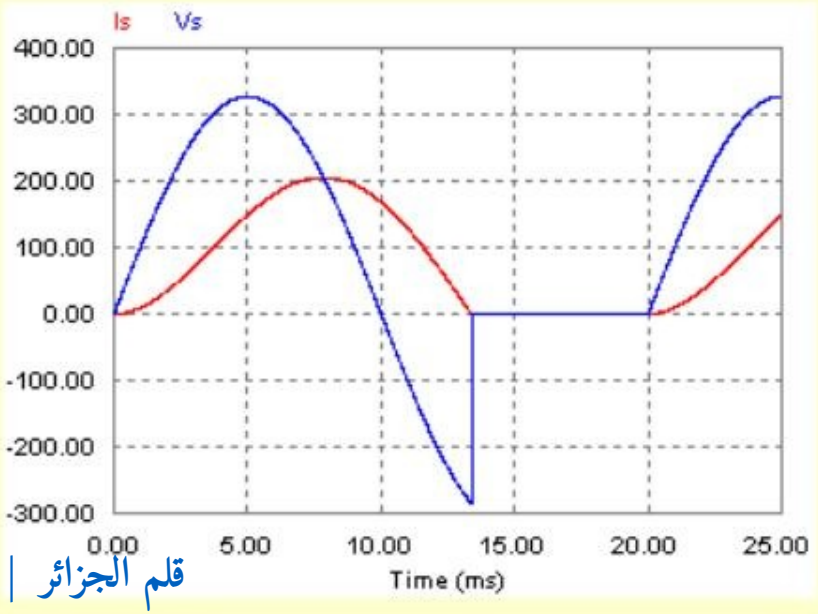
$\langle v_s \rangle$ et $\langle i_s \rangle > 0$
mais très mal lissés ...



Charge inductive :

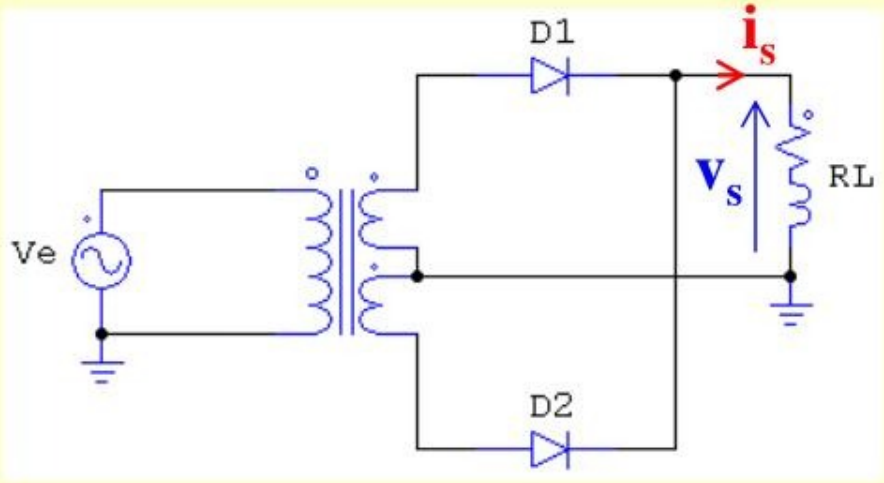


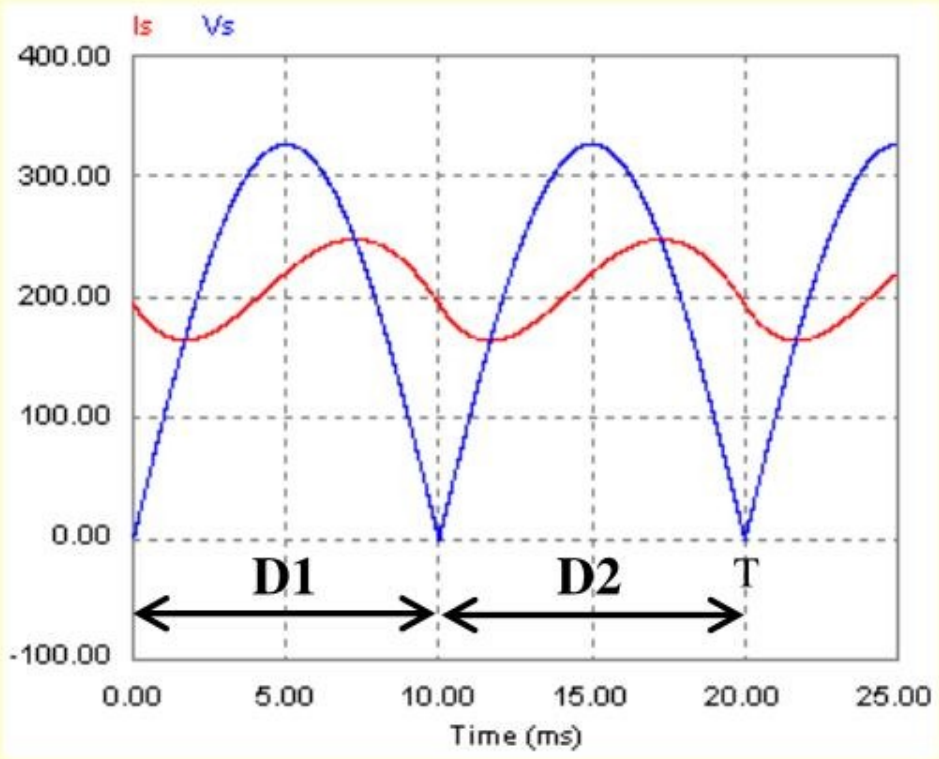
i_s mieux lissé
mais ↘ $< v_s >$ ...



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Redresseur élémentaire à 2 diodes





redressement double alternance

i_s ne s'annule pas

Hypothèse pour la suite:

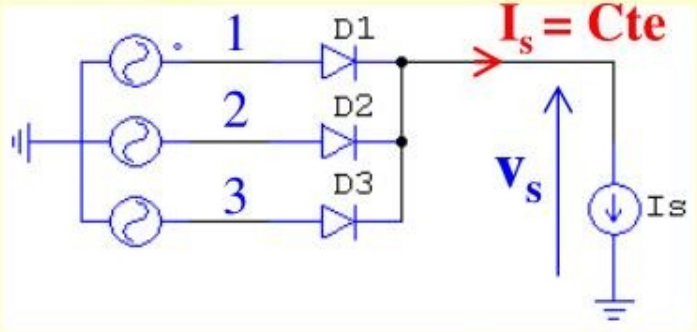
charge = source de courant

$\mathbf{i_s}$ = Is = **Cte**

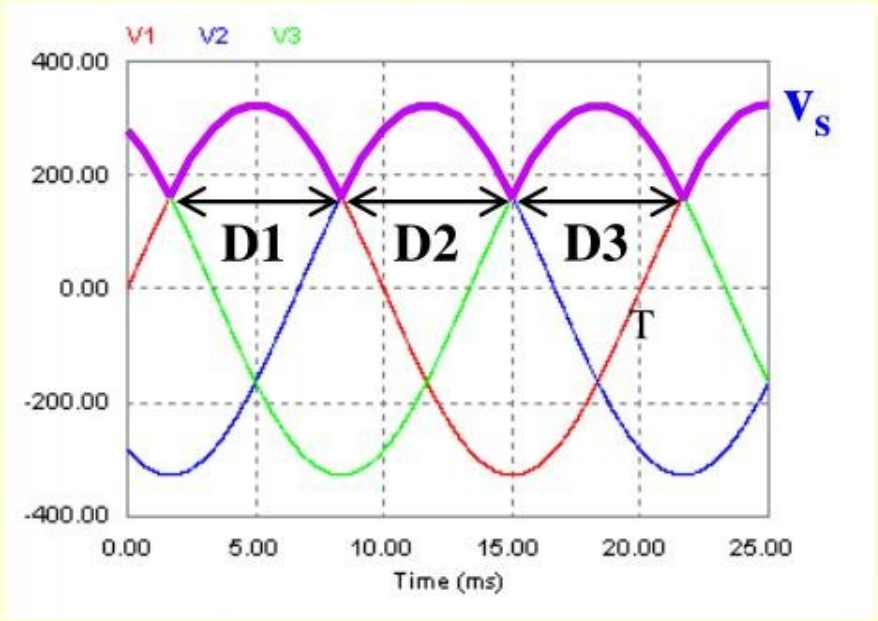
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Redresseurs élémentaires triphasés

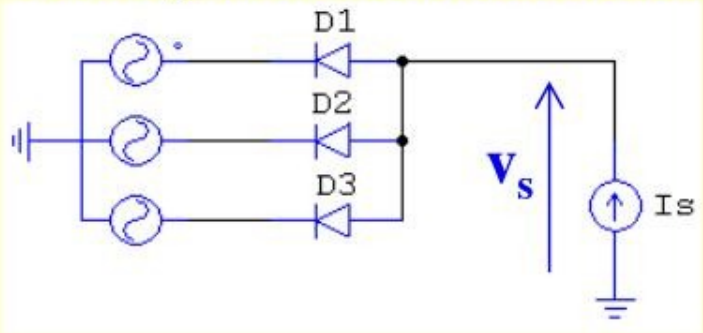
Montage à cathodes communes :



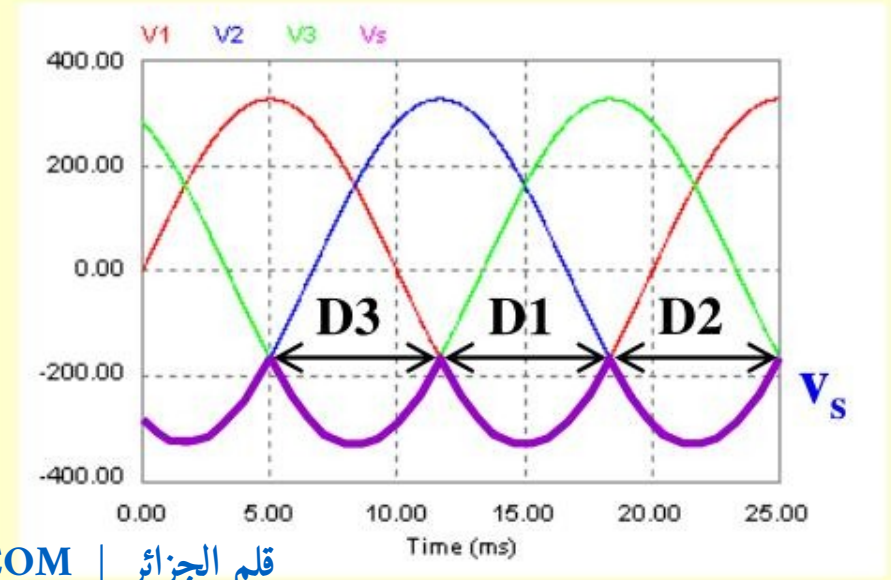
C'est la diode connectée au potentiel « le plus positif » qui conduit



Montage à anodes communes :

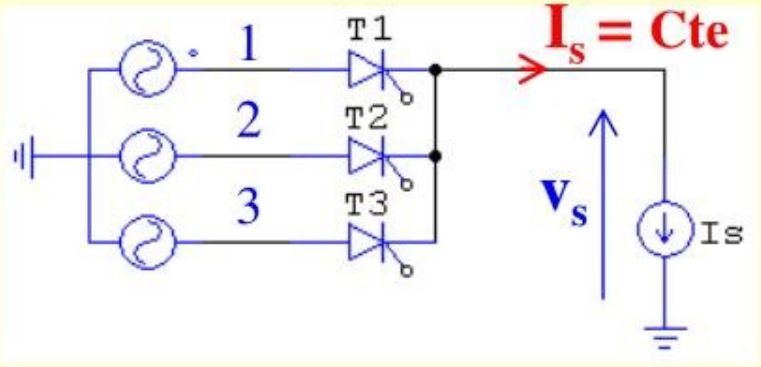


C'est la diode connectée au potentiel « le plus négatif » qui conduit

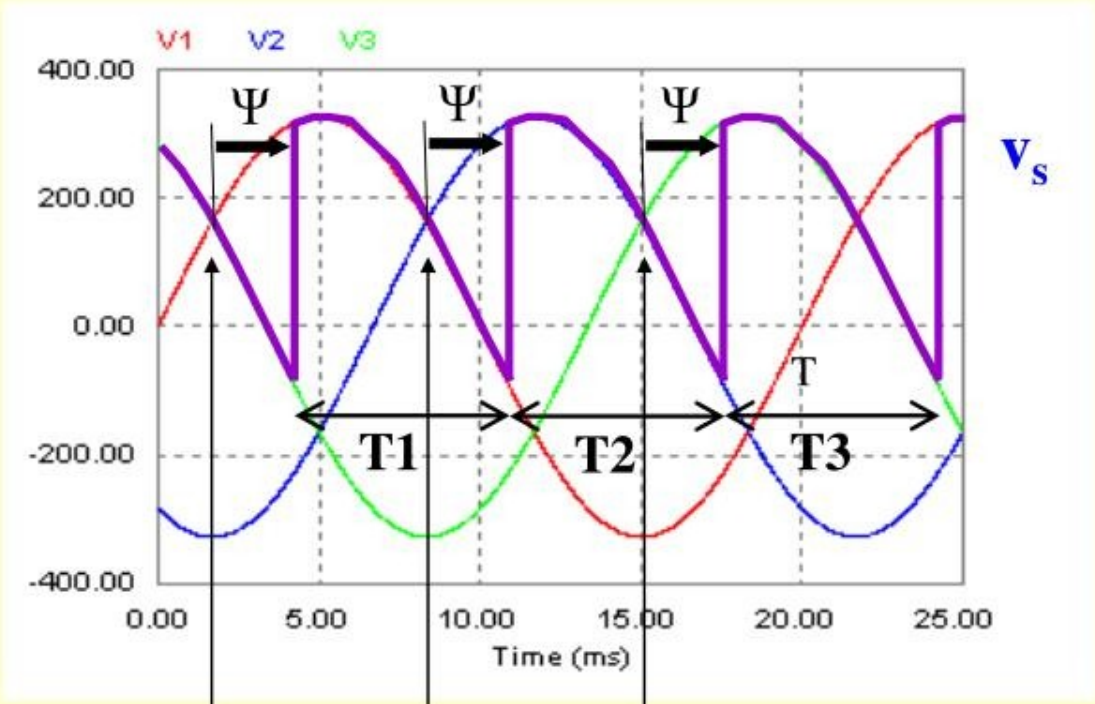


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Redresseur élémentaire commandé

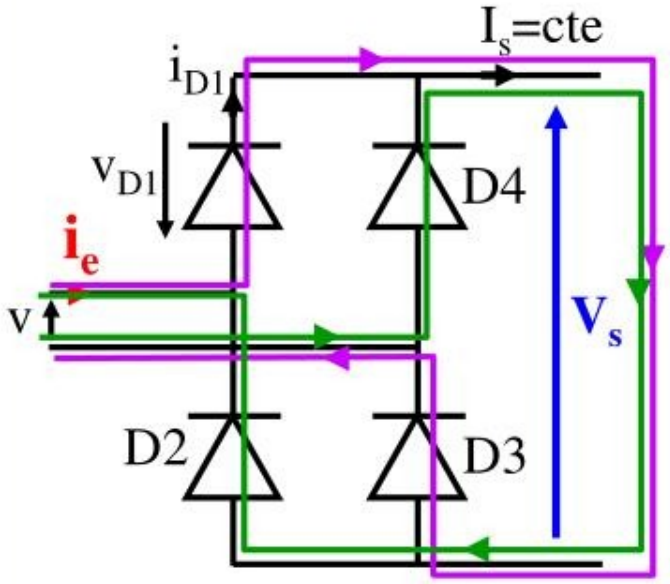


Ψ Angle de retard à l'amorçage des thyristors



$< v_s >$ **réglable** par Ψ

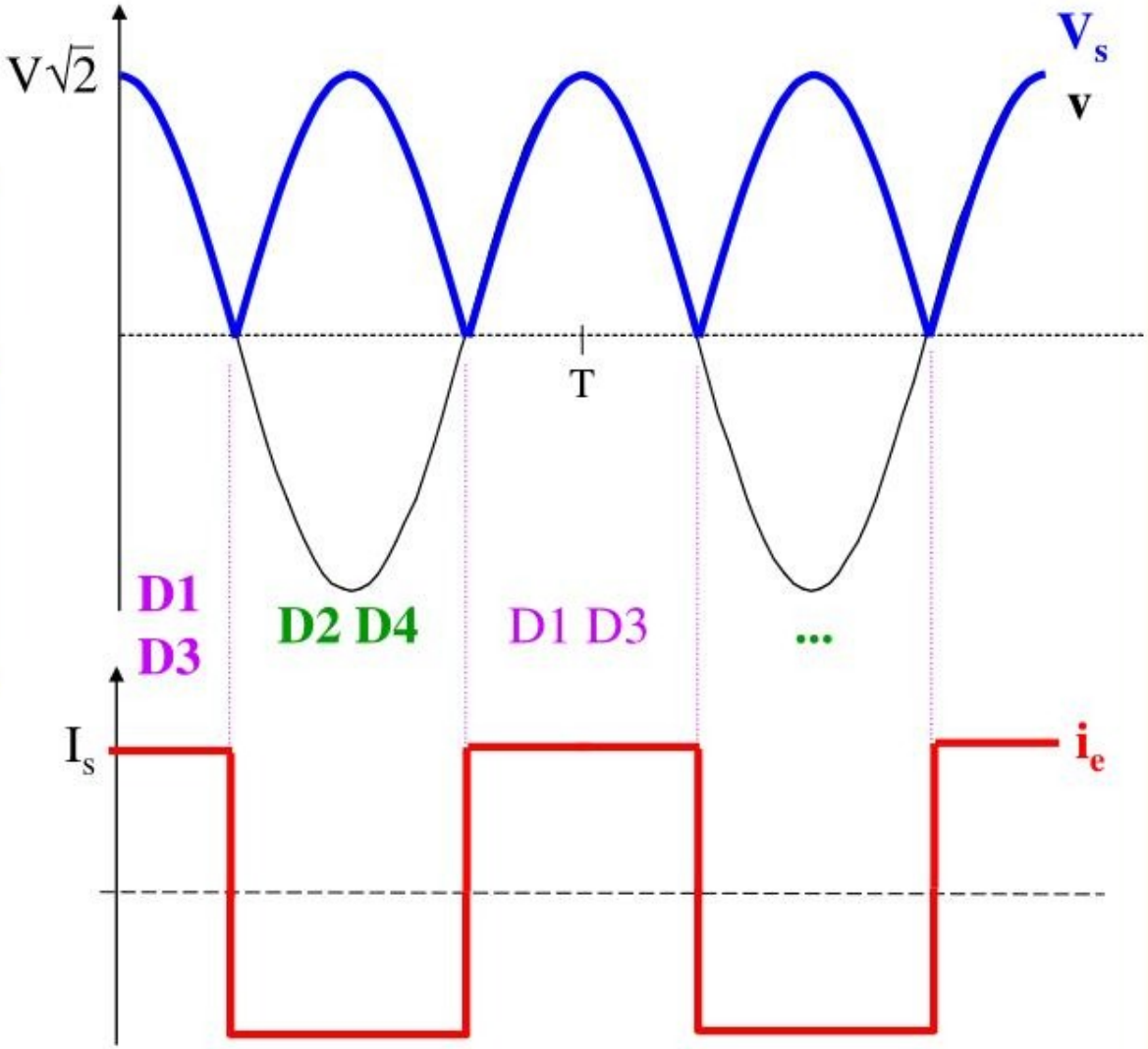
Pont monophasé à diodes



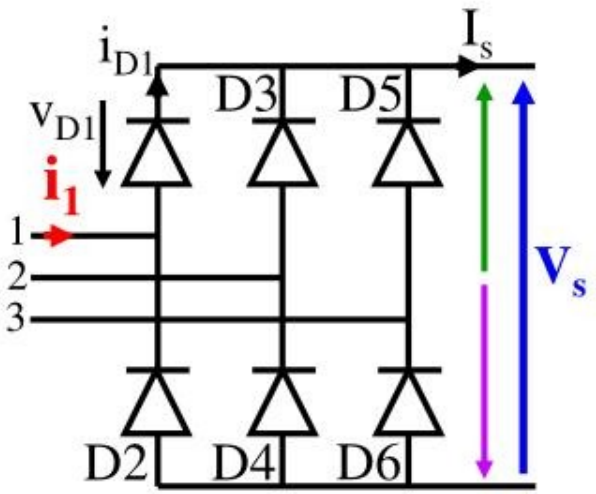
$\tau_{ond} = 78\ \%$

$k = 0{,}900$

$THD_i = 48\ \%$



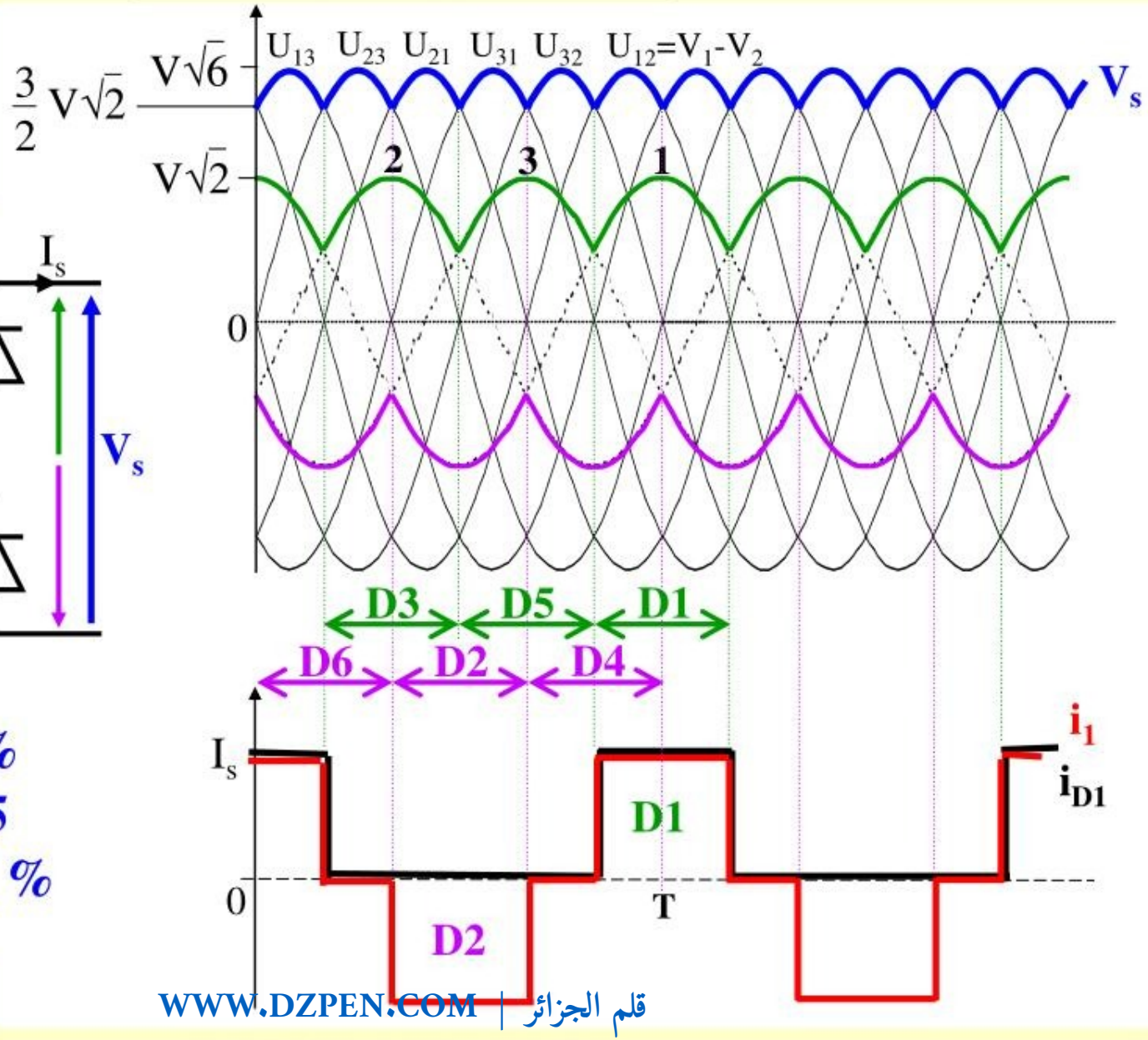
Pont triphasé à diodes



$\tau_{ond} = 7\ \%$

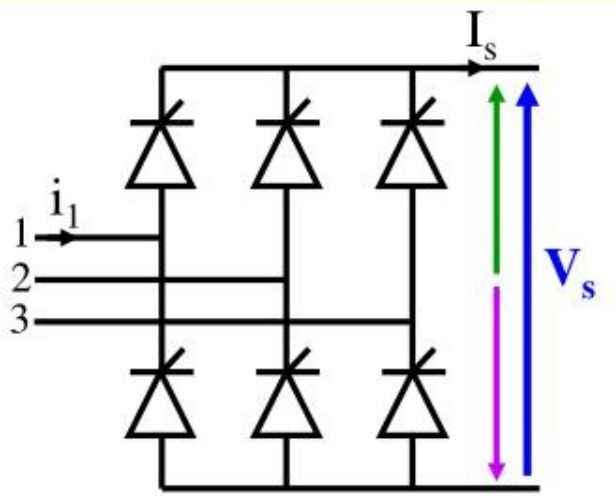
$k = 0{,}955$

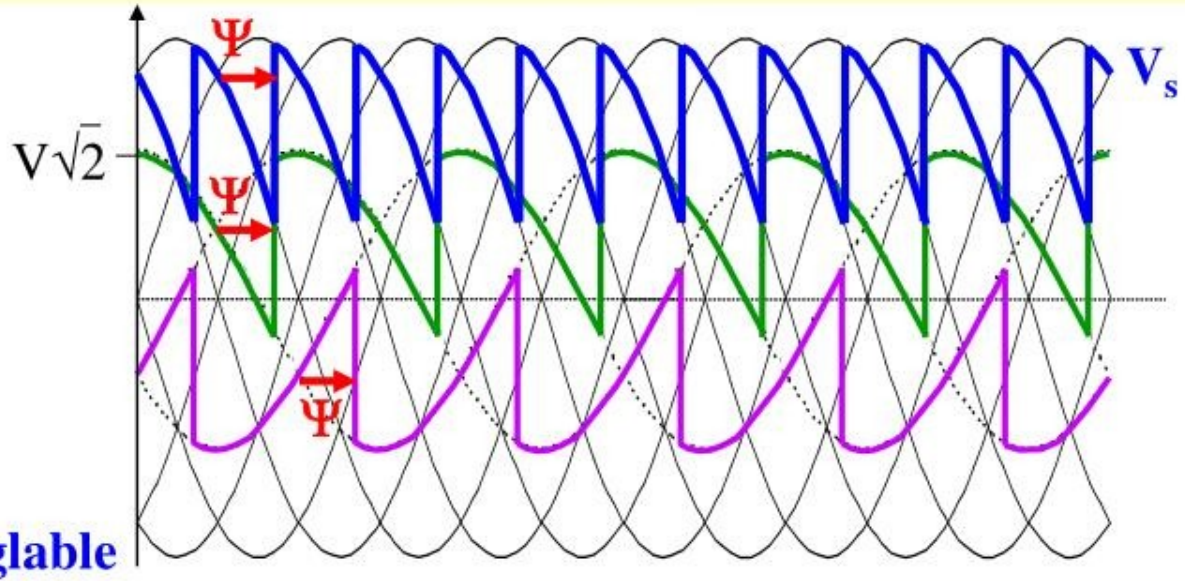
$THD_i = 31\ \%$



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

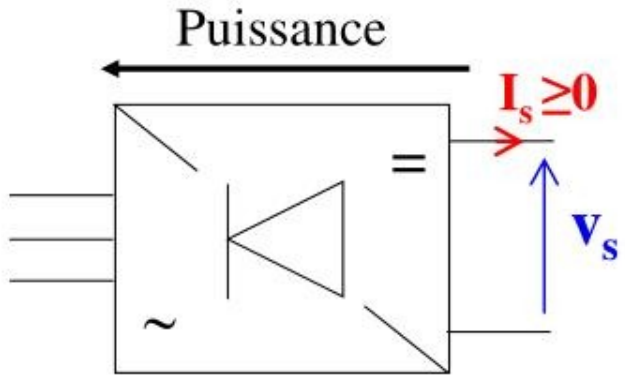
Pont commandé à thyristors

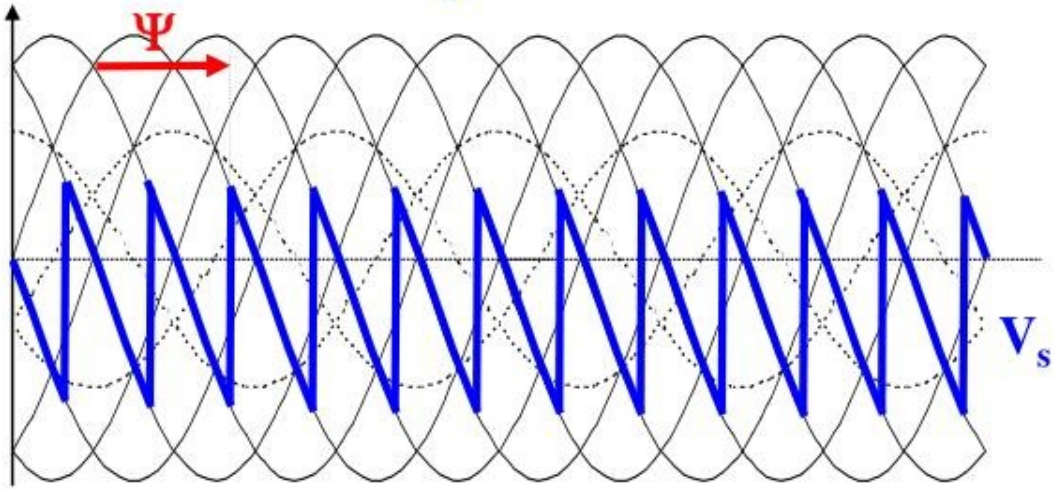




$< v_s >$ **réglable**

Fontionnement en **onduleur autonome** : $\Psi > \pi \rightarrow < v_s > < 0$

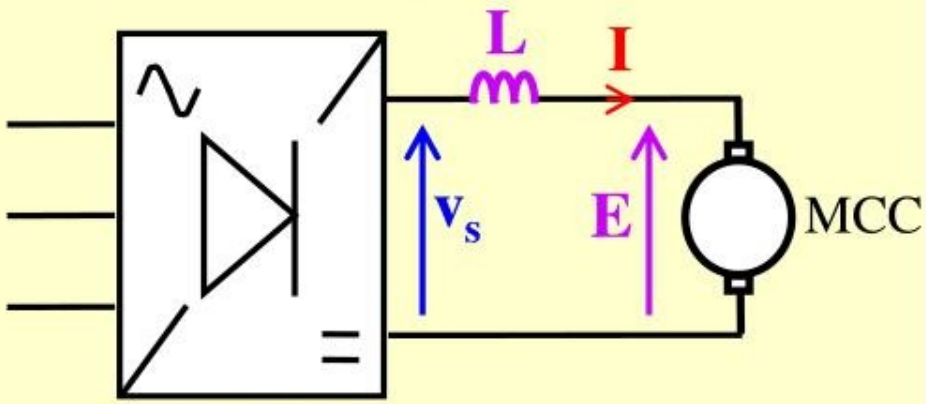




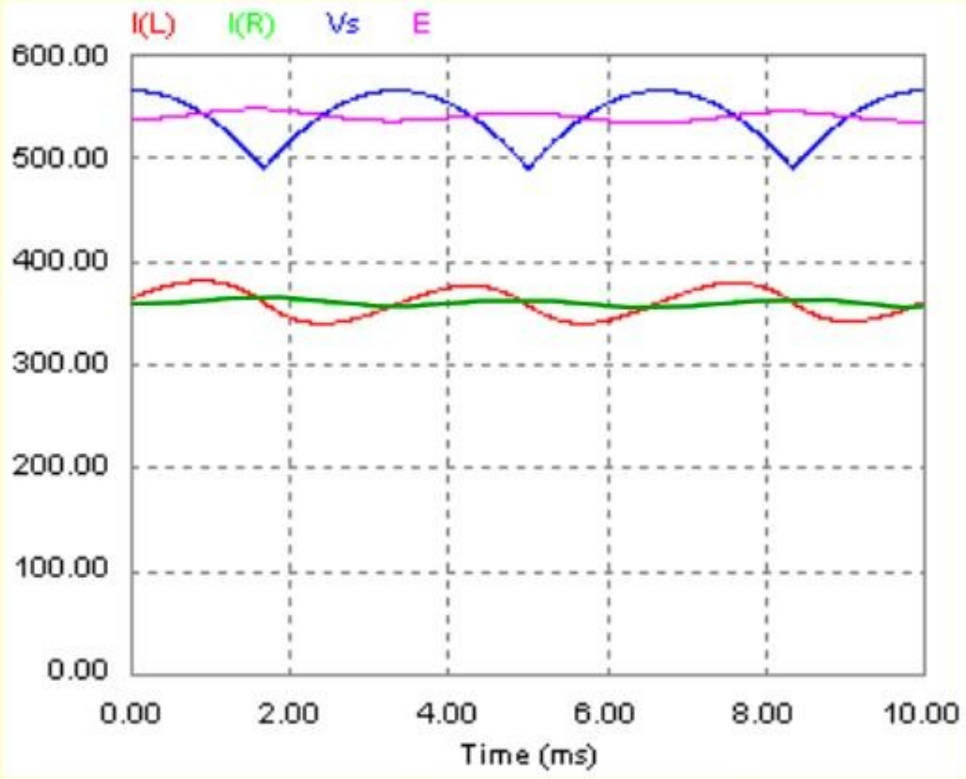
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Filtre LC

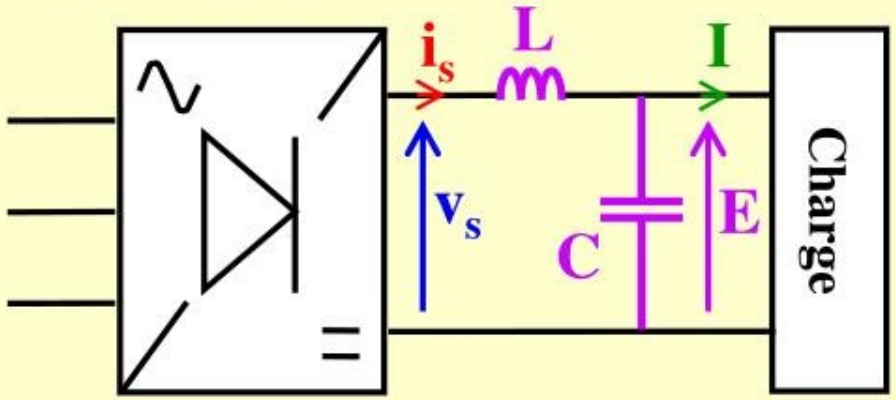
Inductance de lissage :



Pont de diodes triphasé



Filtre LC :



- L'inductance lisse le courant
- La capacité lisse la tension

$E \approx < vs >$

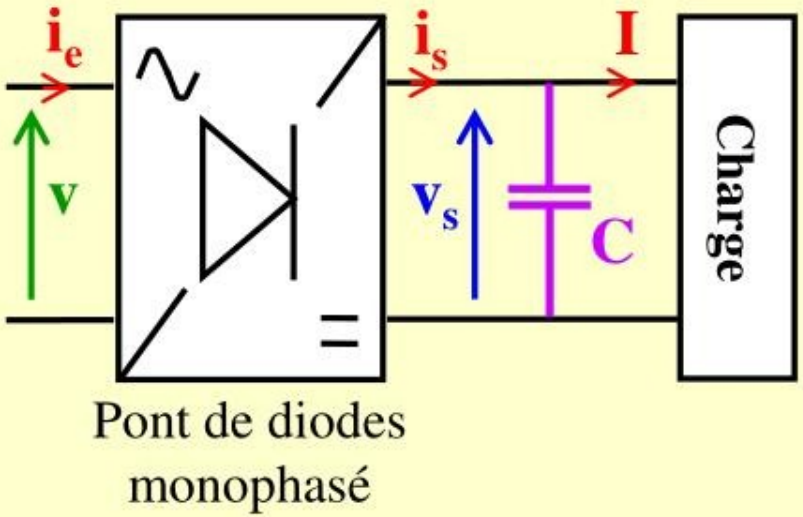
Cahier des charges : ondulation de I et/ou E
→ choix de L et C

$\tau_{ond} \approx 1\ \%$

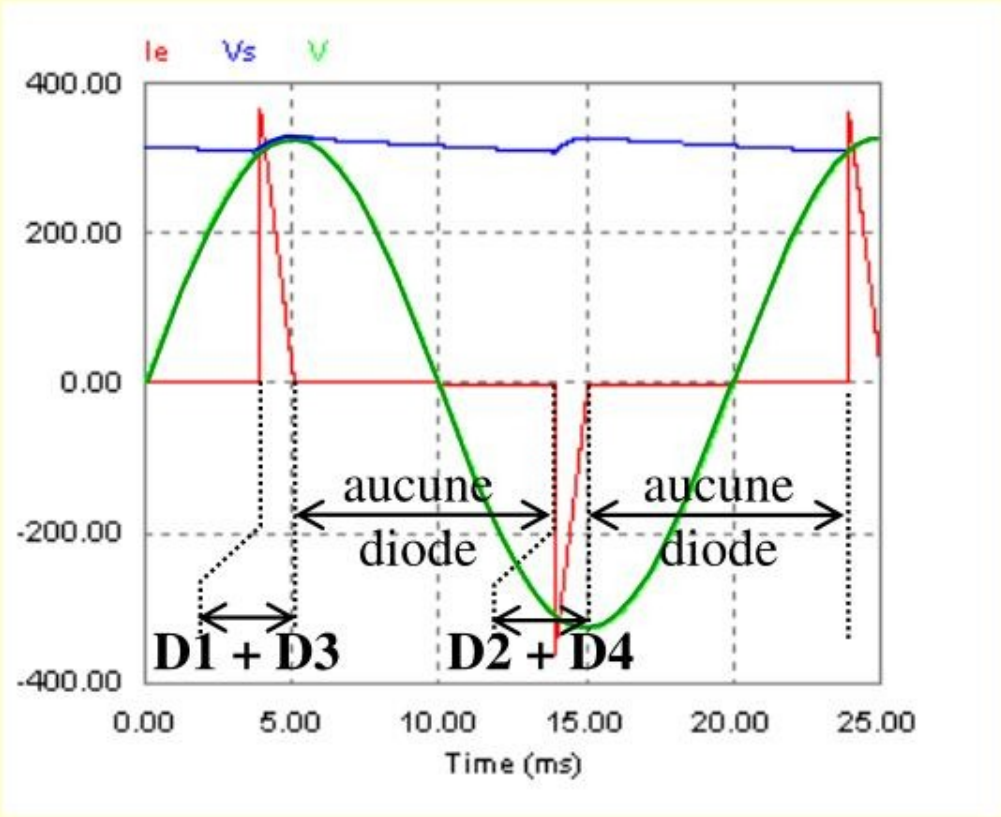
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Redresseur sur charge capacitive

L'hypothèse $i_s = C^{te}$ n'est pas valable ici ...



Pont de diodes monophasé



Plus la capacité est grande plus la tension est lissée

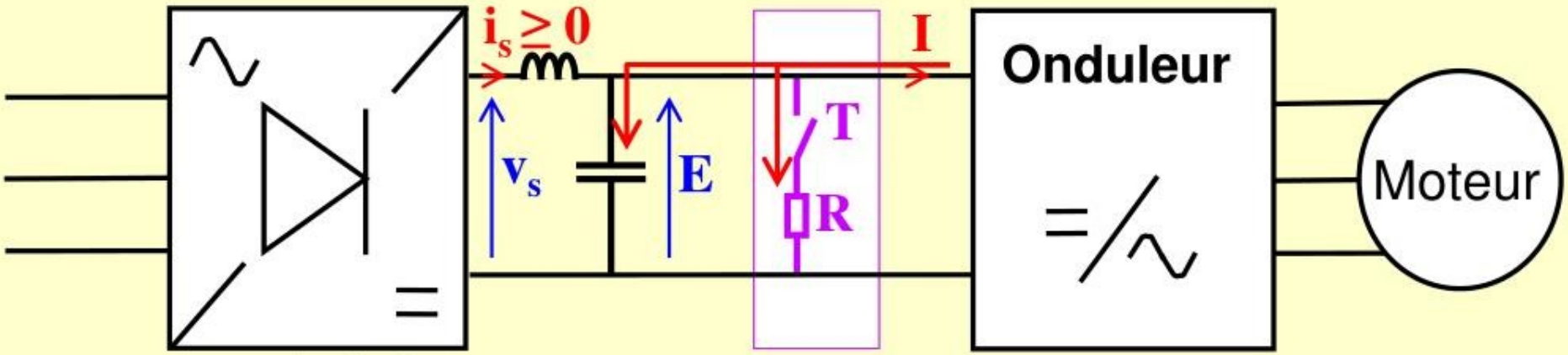
τ_{ond} = 1 à 5 %

mais ... *(Cf 16)*

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Hacheur de freinage

Alimentation d'un moteur à courants alternatifs (variateur de vitesse) :



Pont de diodes
non réversible en courant

Pour freiner le moteur il faut I < 0
→ charge de C, ↗ E



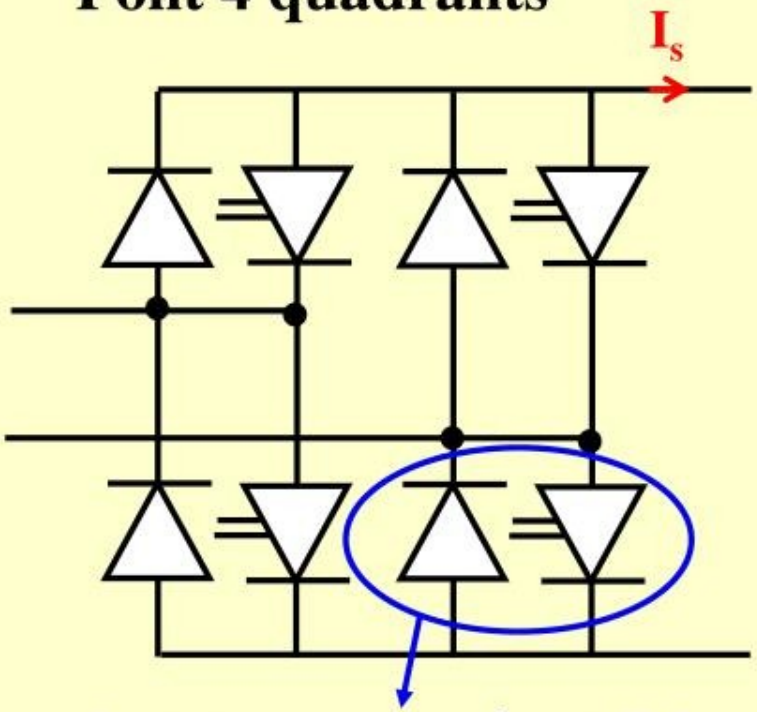
Hacheur de freinage :

Dissipation de l'énergie de freinage par **effet Joule** dans R

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Pont réversible en courant

Pont 4 quadrants





BB 36000 Alstom / SNCF 1998

$I_s < 0$ possible

→ freinage avec **renvoi d'énergie** sur le réseau

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Qualité côté réseau

2 problèmes :
- Le **facteur de puissance**
- La **pollution du réseau** → perturbations conduites & rayonnées
  = pb de compatibilité électromagnétique (**CEM**)

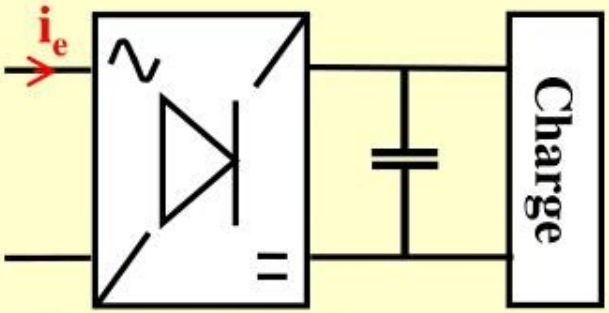
Un redresseur est une charge non linéaire :
alimenté par une tension sinusoïdale, il absorbe un courant qui ne l'est pas

Les **harmoniques** du courant absorbé
polluent le réseau
et **dégradent le facteur de puissance**

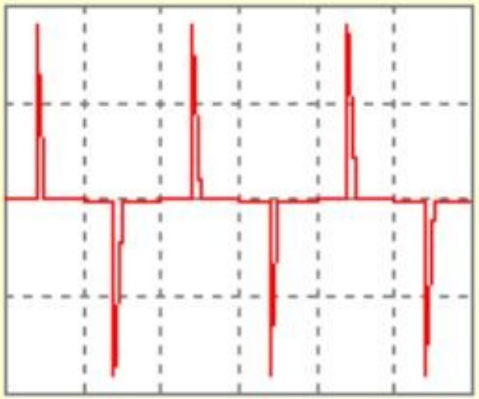
Les normes CEM sont de plus en plus contraignantes ...

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

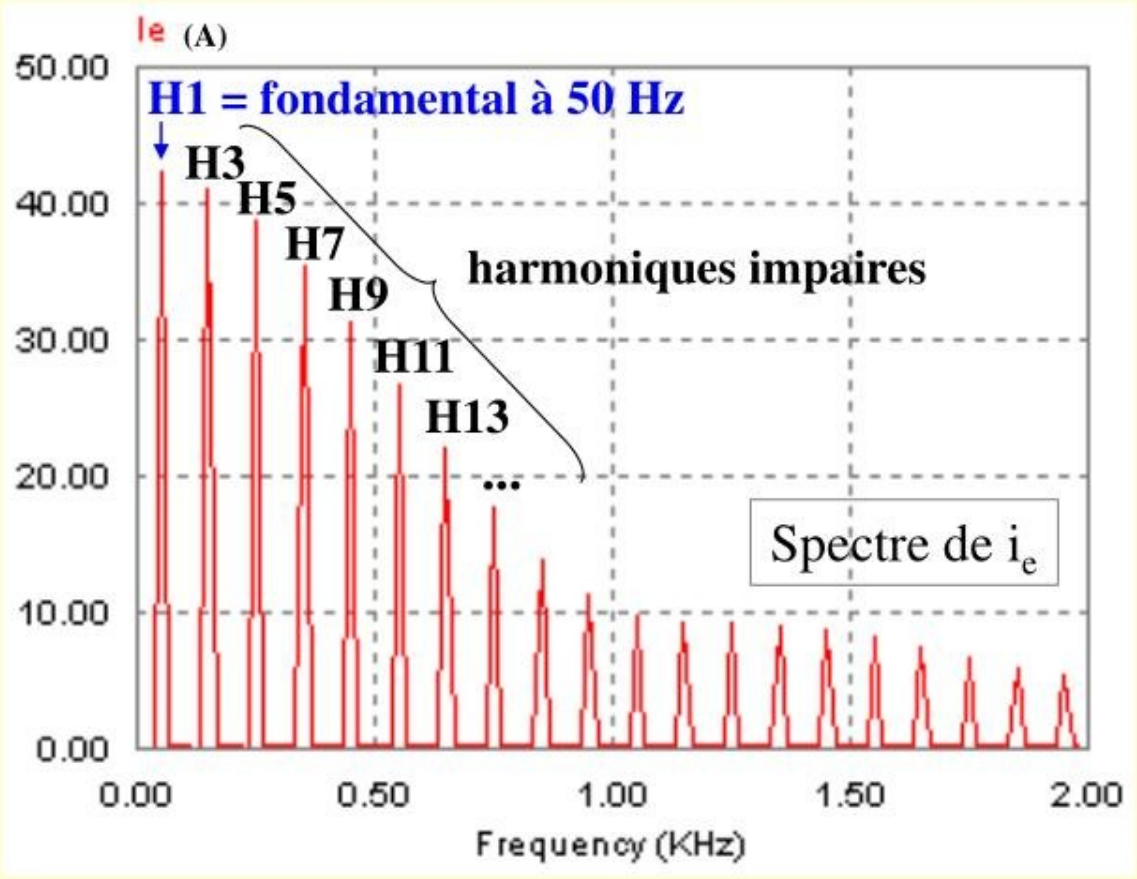
Harmoniques pour un redresseur sur charge capacitive



Pont monophasé



Evolution temporelle de i_e



Pollution harmonique très importante : **THDi = 200 à 300 %** !

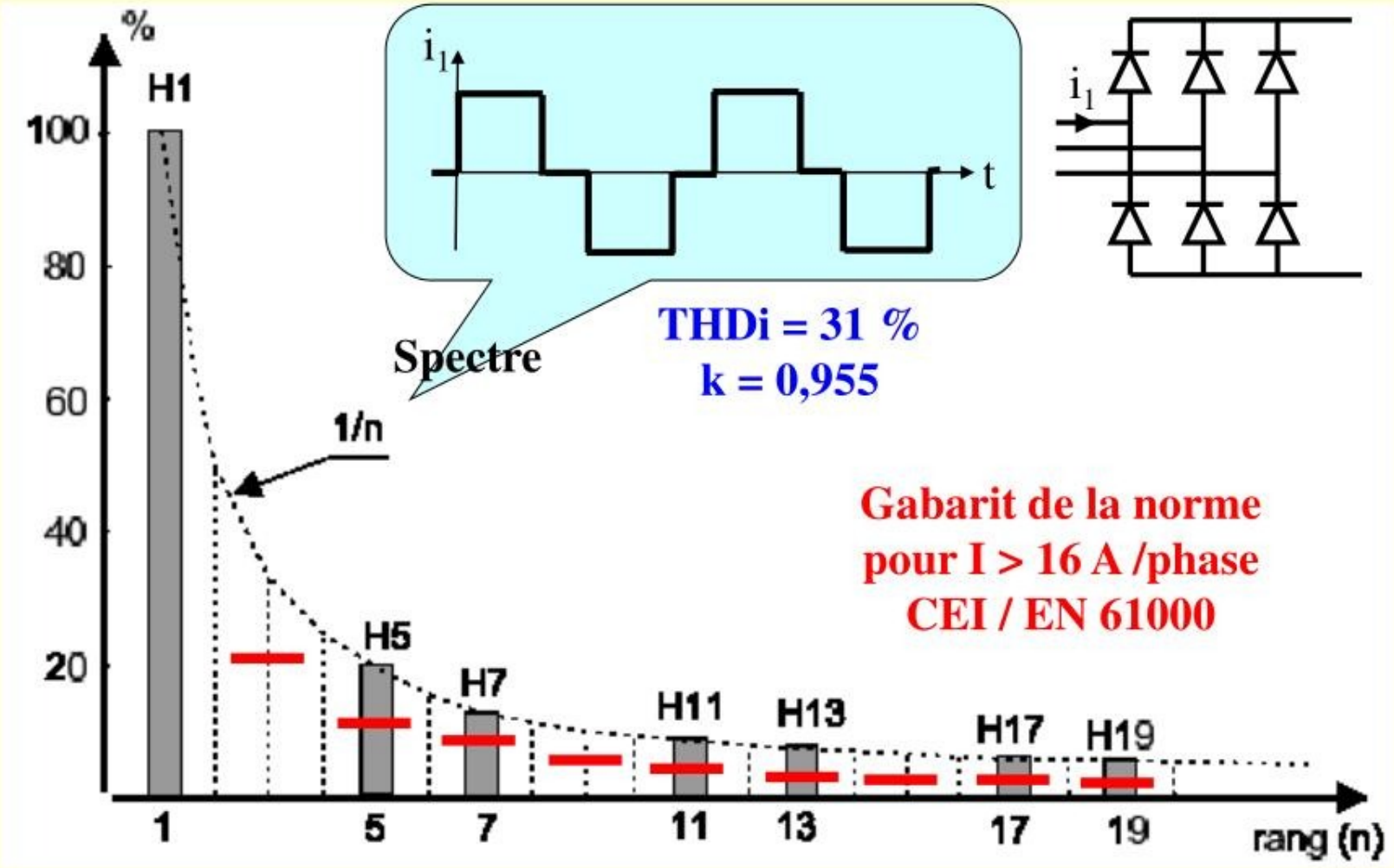
Mauvais **facteur de puissance** : **k ≈ 0,4**

→ montage réservé aux petites puissances

quel avenir avec le durcissement des normes CEM ? ...

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

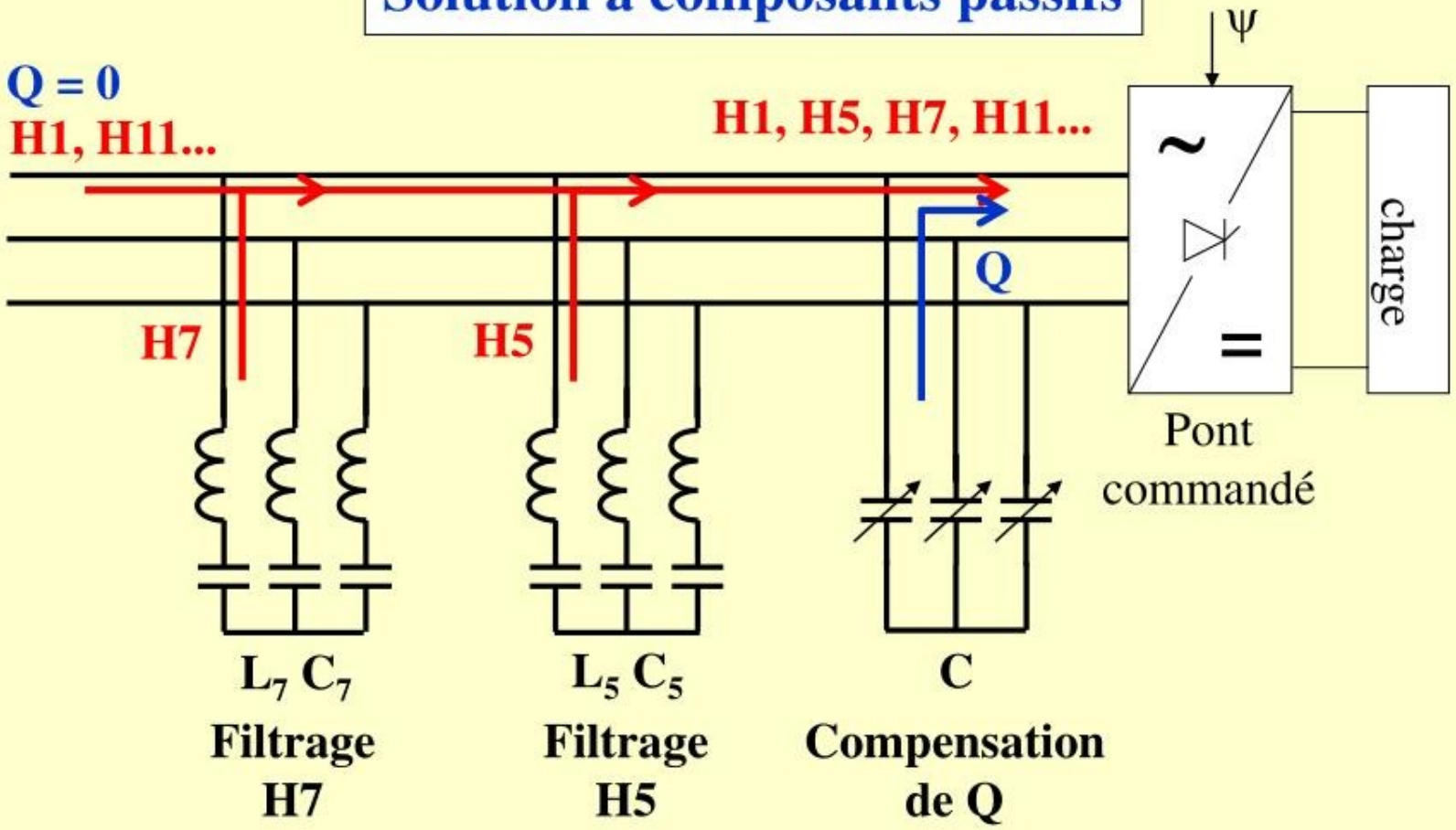
Harmoniques pour un redresseur avec filtre LC



L'inductance sur le bus continu permet **d'atténuer les harmoniques** mais est **insuffisante** pour satisfaire les **normes CEM** pour I > 16 A

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Solution à composants passifs



$$Z_5(j\omega) = jL_5\omega + \frac{1}{jC_5\omega} = \frac{1 - L_5C_5\omega^2}{jC_5\omega}$$

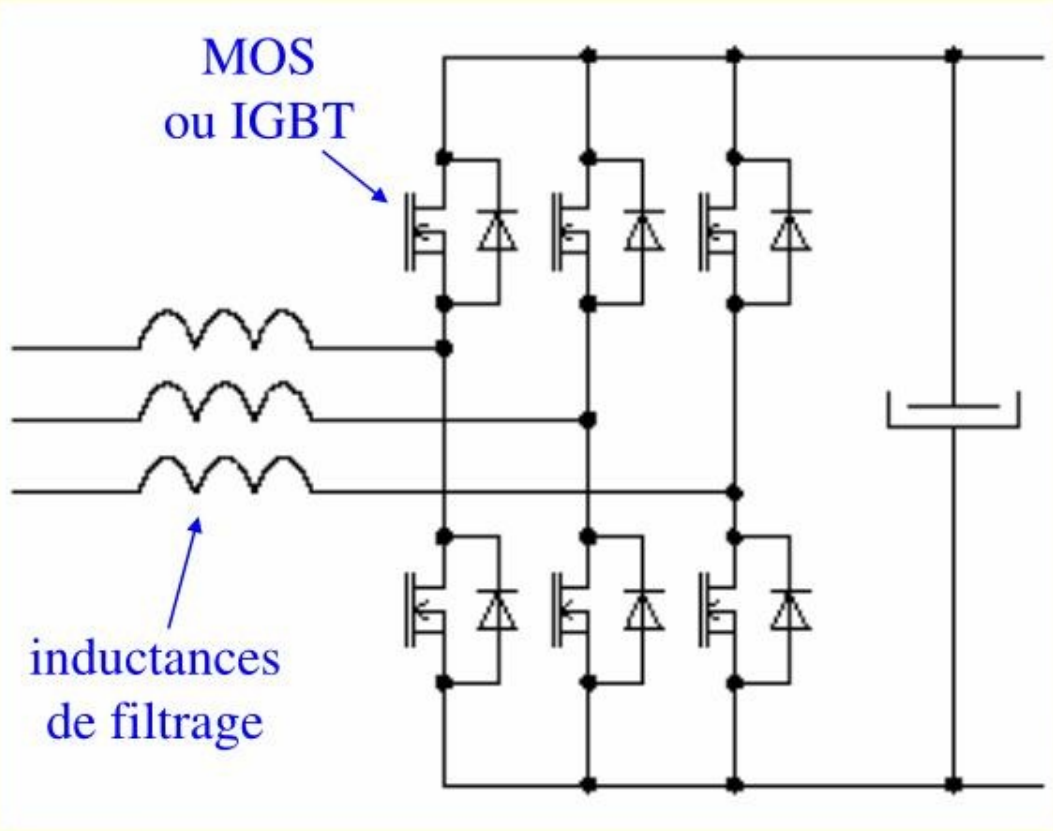
si $L_5C_5\omega^2 = 1$ à 5x50 Hz

$\Rightarrow Z_5 = 0 \Leftrightarrow$ **H5 est court circuité**

Solution désormais réservée aux très fortes puissances

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Absorption sinusoïdale : Redresseur MLI 4 quadrants



Dénomination

Redresseur sinus

Redresseur haute fréquence

Redresseur MLI

Avantages

4 quadrants

THDi ≤ 4 %

k ↗ 0,98

Possibilité de fournir du réactif

Inconvénients (de moins en moins vrai avec les progrès techniques)

Commande complexe → ***coûteux***

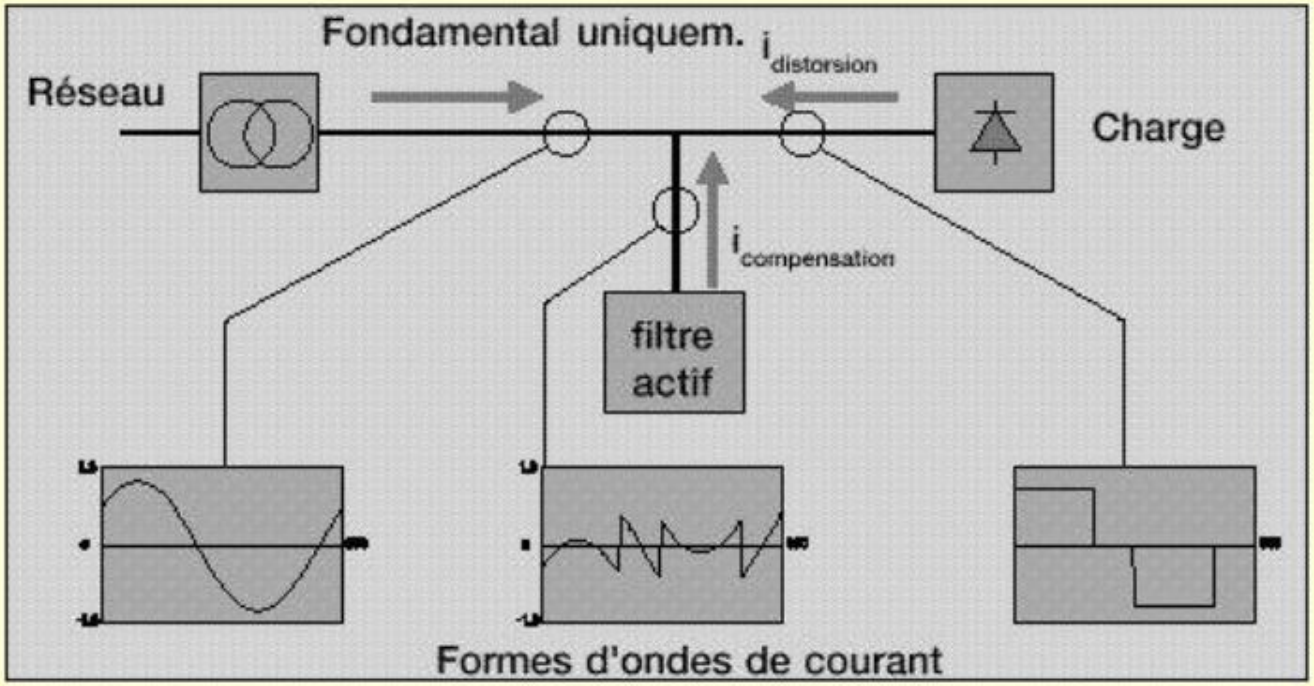
Bcp de commutations → ***pertes élevées*** → ***limité en puissance***

Chez Siemens : variateurs de vitesse à redresseurs 4Q jusqu'à 1,2 MW

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

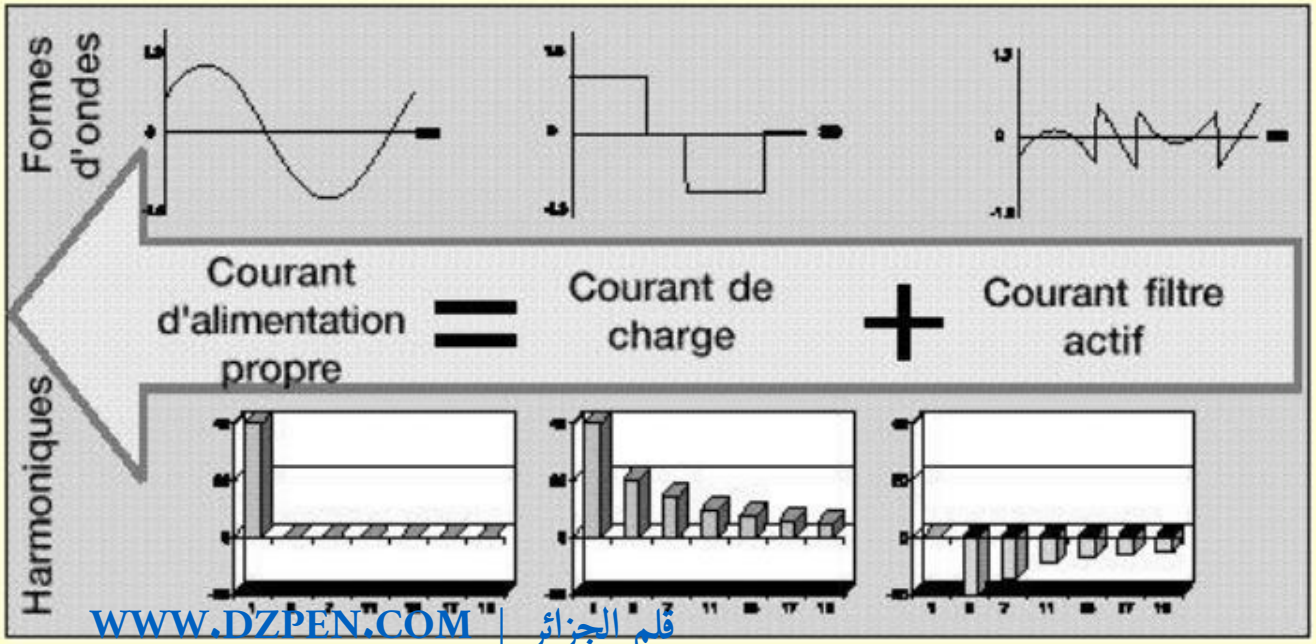
Absorption sinusoïdale : Filtre actif

Structure de type onduleur



Solution performante mais coûteuse

k ↗ 0,98
THDi ≤ 4 %



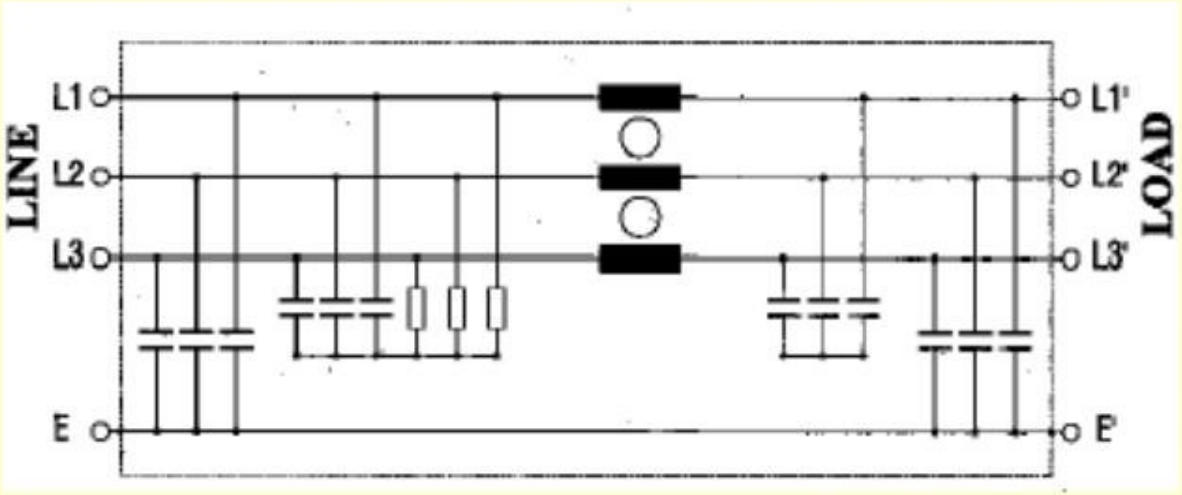
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Filtre réseau

Même avec les solutions d'absorption sinusoïdale,
il reste des **harmoniques HF** (radiofréquences > 100 kHz)

Harmoniques de faible amplitude,
mais à fort pouvoir polluant local en perturbations rayonnées

Les hautes fréquences sont assez faciles à filtrer





Arcotronics

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

TGV PSE Alstom / SNCF 1981



2 motrices x 3 bogies x 2 MCC x 580 kW

alimentation bi-courant

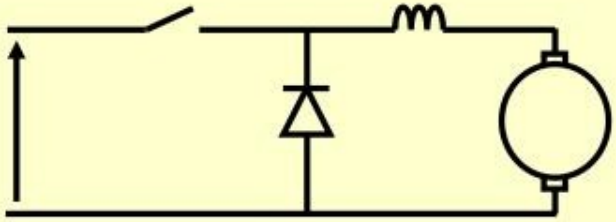
Changement des balais tous les 100 000 km

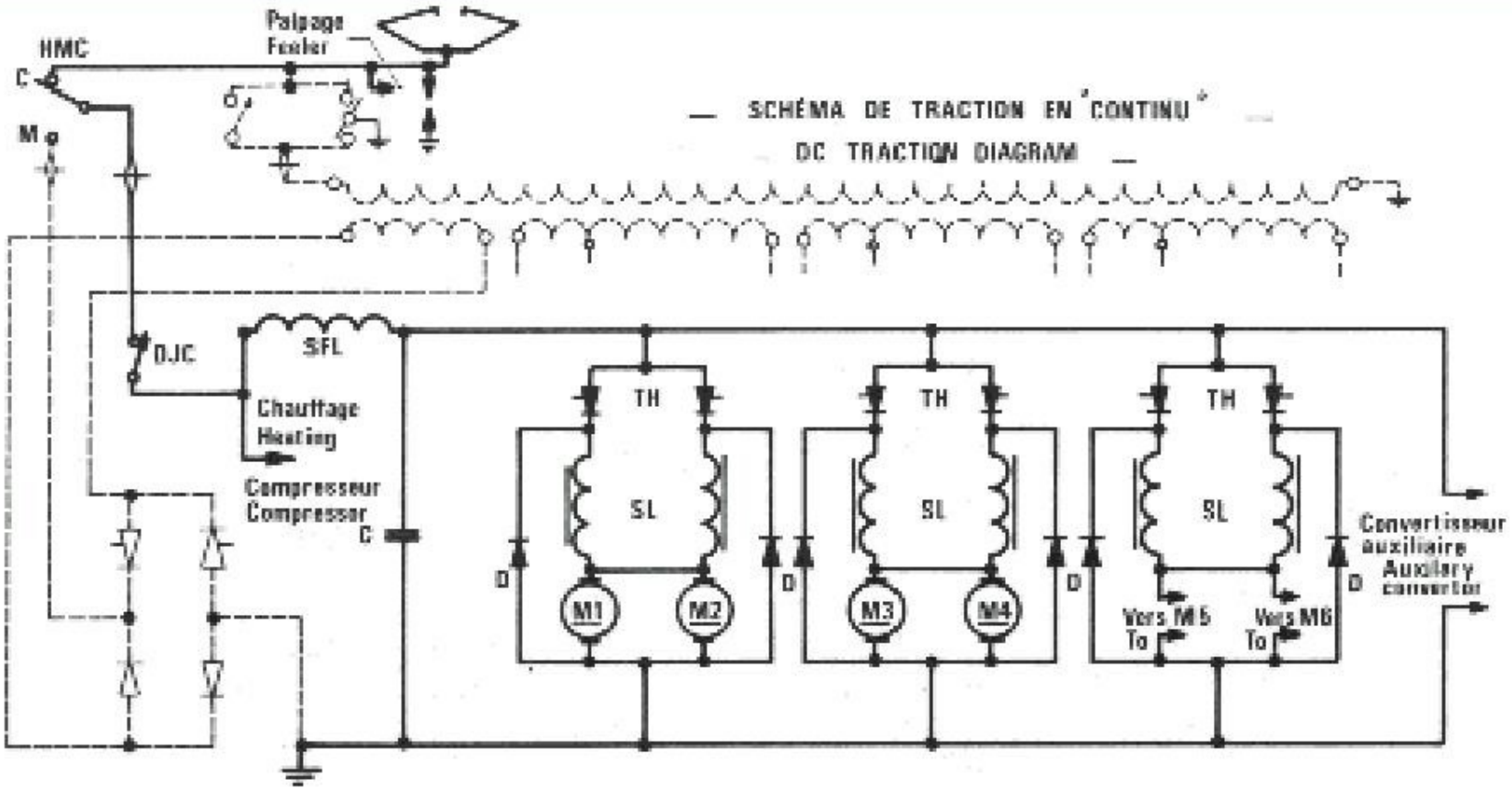
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Traction 1500 V continu

Hacheur à thyristors

3,1 MW - 200 km/h





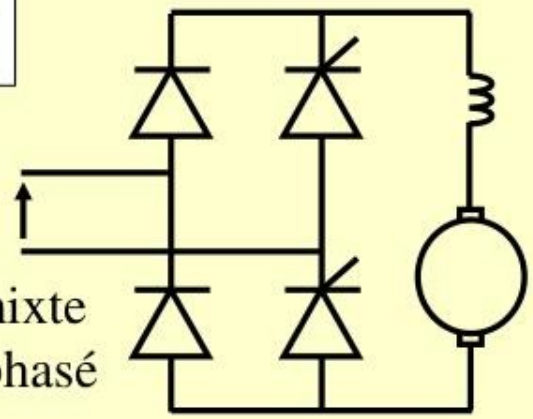
Traction en 25 kV alternatif

6,45 MW - 270 km/h

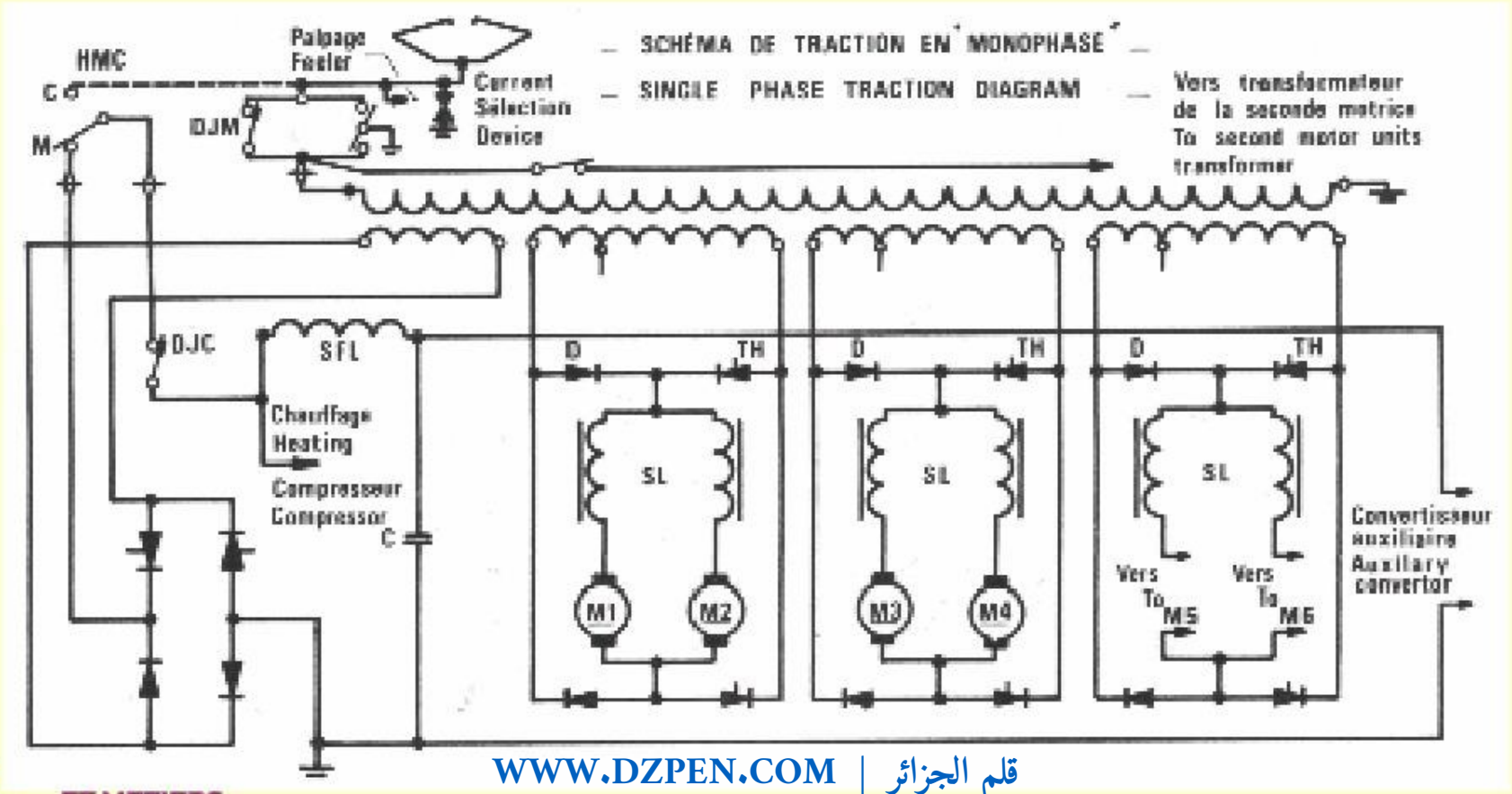
effort de traction: 222 kN max

95 kN nominal

1 rame = 385 t

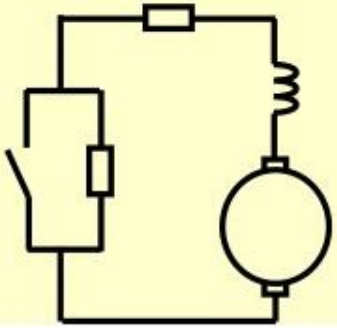


Pont mixte monophasé



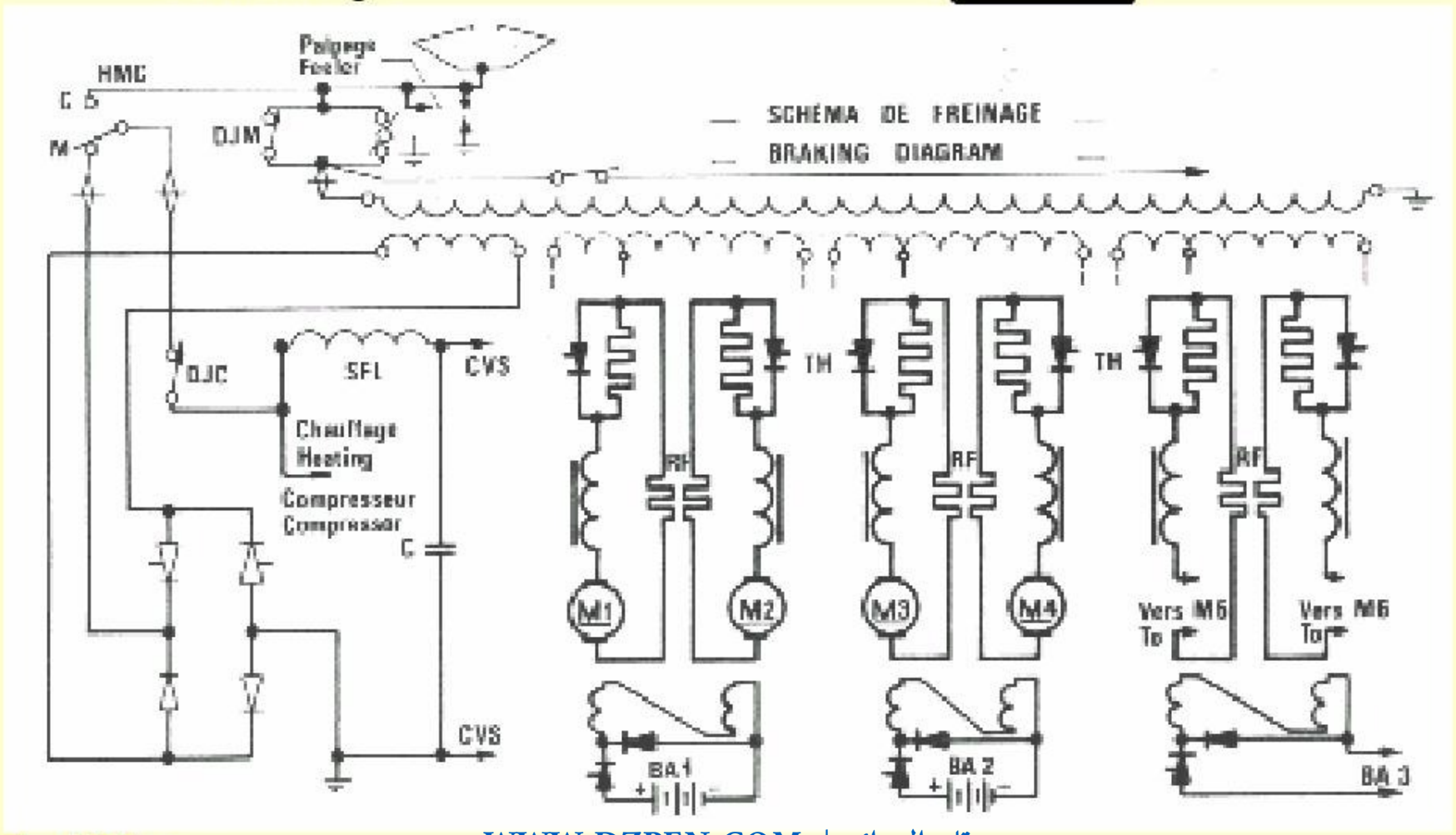
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Hacheur de freinage



Freinage rhéostatique

Contrôle par modification résistance apparente ou défluxage

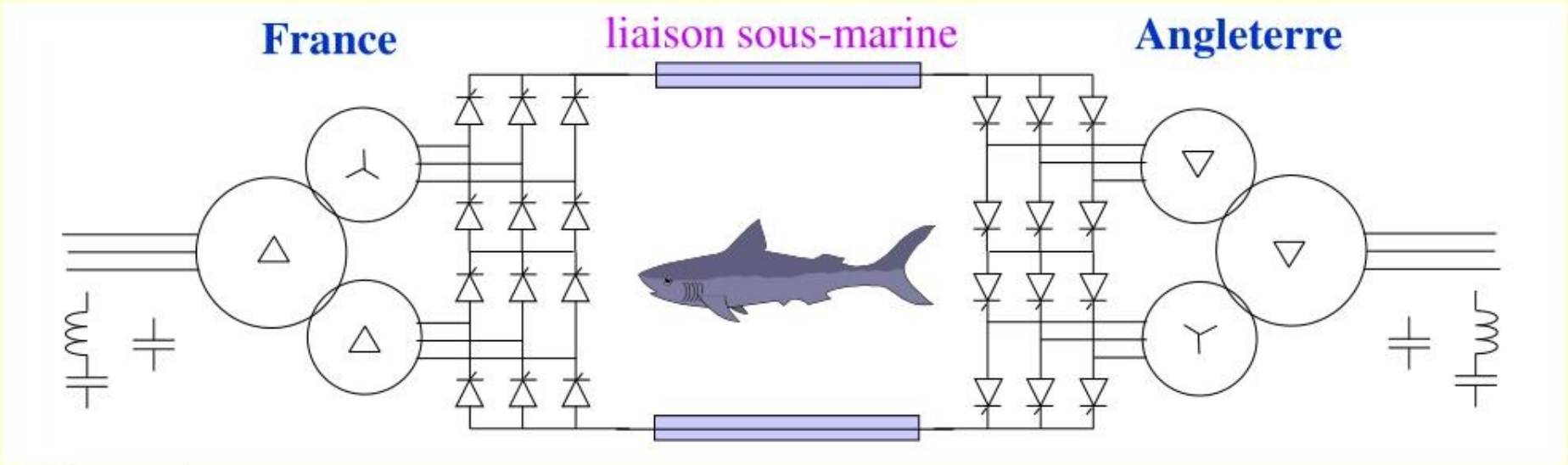


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

Liaisons à courant continu

IFA 2000: France ⇔ Angleterre 2000 MW
SaCoI: Sardaigne ⇔ Corse ⇔ Italie
7 liaisons Europe continentale ⇔ Scandinavie
Liaison Italie ⇔ Grèce

Pb du transport de la puissance réactive => CCHT si > 40 km en sous-marin
> 800 km en aérien



↘ Harmoniques
↗ k

4 ponts en série
→ ↗ qualité côté charge et réseau

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر