














## Sommaire

-  [Caractéristiques du moto réducteur Flender](#)
-  [Bilan des puissances](#)
-  [Schéma équivalent simplifié du moteur](#)
-  [Détermination des éléments du schéma équivalent](#)
-  [Structure du variateur de vitesse MV 500](#)
-  [Schéma sous Cedrat - Circuit](#)
-  [Valeurs et paramètres de simulation](#)
-  [Tensions simples et courants par phase](#)
-  [Tensions composées](#)
-  [Courants dans les interrupteurs et la source](#)
-  [Tensions aux bornes des interrupteurs](#)
-  [Influence de l'indice de modulation](#)
-  [Schéma sous PSIM](#)

## Caractéristiques du moto - réducteur FLENDER

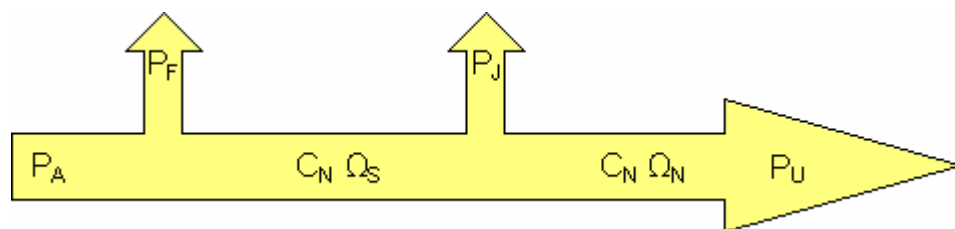
à engrenages cylindriques D88-A90LC8F

- forme B3
- couple nominal du réducteur : 1680 N.m
- rapport : 300,41
- couple de sortie : 2150 N.m
- vitesse de sortie : 2,3 tr/mn
- puissance moteur : 0,55 kW à 690 tr/mn
- tension d'alimentation : 220-242 V / 380-420 V
- courant nominal : 3,8 A / 2,2 A
- $\cos\phi = 0,6$
- $I_D / I_N = 2,8$  ;  $C_D / C_N = 1,8$  ;  $C_M / C_N = 1,9$
- rendement moteur = 64% ; réducteur = 95%
- fréquence réseau : 50 Hz
- fixation : carter à pied
- arbre de sortie : arbre plein (V50 x 100 )
- protection : IP55
- poids : 94 kg
- ventilation externe
- contrôle : PTC F

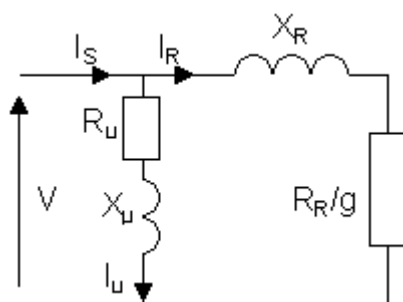


## Bilan des puissances

On néglige les pertes joules statoriques, les pertes fer rotoriques et les pertes mécaniques.



## Schéma équivalent simplifié du moteur



- $R_u$  : résistance représentant les pertes fer au stator
- $X_u$  : réactance magnétisante du stator
- $X_R$  : réactance totale de fuites
- $R_R$  : résistance du rotor ramenée au stator
- $g$  : glissement

## Détermination des éléments du schéma équivalent

$$\text{vitesse de synchronisme : } N_s = \frac{60 \times f}{p} = \frac{60 \times 50}{4} = 750 \text{ tr/mn}$$

$$\text{glissement nominal : } g_N = \frac{N_s - N_N}{N_s} = \frac{750 - 690}{750} = 0,08 \text{ soit } 8\%$$

$$\text{pulsation de synchronisme : } \Omega_s = \frac{2 \times \pi \times N_s}{60} = \frac{2 \times \pi \times 750}{60} = 78,5 \text{ rd/s}$$

$$\text{pulsation du rotor : } \Omega_N = \frac{2 \times \pi \times N_N}{60} = \frac{2 \times \pi \times 690}{60} = 72,3 \text{ rd/s}$$

$$\text{puissance absorbée : } P_A = \frac{P_U}{\eta} = \frac{550}{0,64} = 859 \text{ W}$$

$$\text{couple nominal : } C_N = \frac{P_U}{\Omega_N} = \frac{550}{72,3} = 7,6 \text{ N.m}$$

$$\text{puissance transmise au rotor : } P_T = C_N \times \Omega_s = 7,6 \times 78,5 = 597 \text{ W}$$

$$\text{pertes fer : } P_F = P_A - P_T = 859 - 597 = 262 \text{ W}$$

$$\text{couple maximal : } C_M = \frac{3 \times V^2}{2 \times X_R \times \Omega_s} = 1,9 \times C_N = 1,9 \times 7,6 = 14,4 \text{ N.m}$$

$$X_R = \frac{3 \times V^2}{2 \times C_M \times \Omega_s} = \frac{3 \times 230^2}{2 \times 14,4 \times 78,5} = 70,2 \Omega$$

$$\text{on pose : } R = \frac{R_R}{g_N}$$

$$P_T = \frac{P_J}{g_N} = 3 \times \frac{R_R}{g_N} \times I_R^2 = 3 \times R \times \left( \frac{V}{\sqrt{X_R^2 + R^2}} \right)^2 \quad \mapsto \quad P_T (X_R^2 + R^2) = 3 \times R \times V^2$$

$$\mapsto 597 \times 70,2^2 + 597 \times R^2 - 3 \times 230^2 \times R = 0$$

$$\mapsto 597 \times R^2 - 158700 \times R + 2942040 = 0$$

cette équation admet 2 racines : 20  $\Omega$  et 246  $\Omega$

$$I_R = \frac{V}{\sqrt{X_R^2 + R^2}}$$

$$I_R = \frac{230}{\sqrt{70,2^2 + 246^2}} = 0,9 \text{ A} \quad \text{ou} \quad I_R = \frac{230}{\sqrt{70,2^2 + 20^2}} = 3,15 \text{ A} > 2,2 \text{ A (impossible)}$$

$$\text{donc : } R = \frac{R_R}{g_N} = 246 \Omega \quad \text{et} \quad R_R = 246 \times 0,08 = 19,7 \Omega$$

$$\text{puissance réactive consommée par } X_R : Q_R = 3 \times X_R \times I_R^2 = 3 \times 70,2 \times 0,9^2 = 170 \text{ VAR}$$

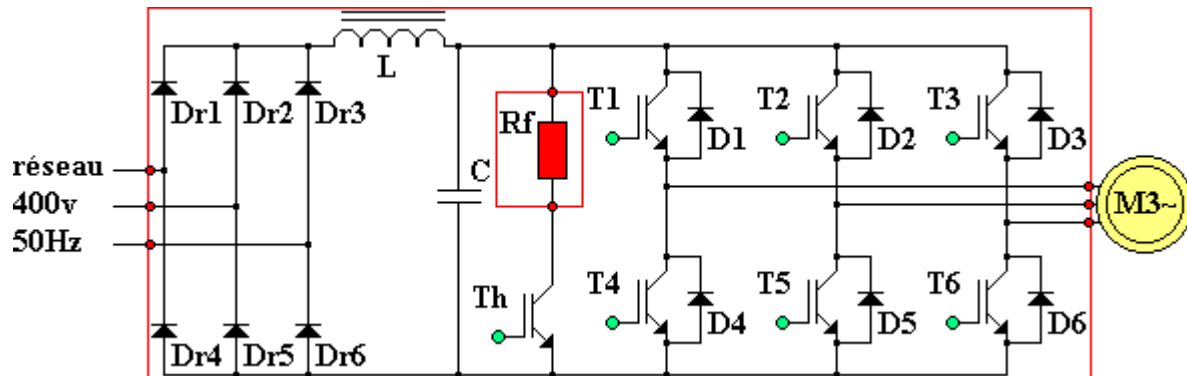
$$\text{puissance réactive totale : } Q_A = P_A \times \text{tg}\varphi = 859 \times 1,333 = 1145 \text{ VAR}$$

$$\text{puissance réactive consommée par } X_\mu : Q_\mu = Q_A - Q_R = 1145 - 170 = 975 \text{ VAR}$$

$$\text{courant magnétisant : } I_\mu = \frac{\sqrt{P_F^2 + Q_\mu^2}}{3 \times V} = \frac{\sqrt{262^2 + 975^2}}{3 \times 230} = 1,46 \text{ A}$$

$$X_\mu = \frac{Q_\mu}{3 \times I_\mu^2} = \frac{975}{3 \times 1,46^2} = 152,5 \Omega \quad \text{et} \quad R_\mu = \frac{P_F}{3 \times I_\mu^2} = \frac{262}{3 \times 1,46^2} = 41 \Omega$$

## Structure du variateur de vitesse MV500 (Alstom)



L'ensemble Dr1 à Dr6 constitue un redresseur triphasé à diodes, non réversible en courant. L'énergie ne peut donc transiter de la machine asynchrone vers le réseau.

L'ensemble T1-D1 à T6-D6 constitue l'onduleur triphasé à modulation de largeur d'impulsion (MLI) qui impose la fréquence du champ tournant et l'amplitude du courant dans la machine.

L'ensemble Th-Rf constitue le hacheur de freinage.

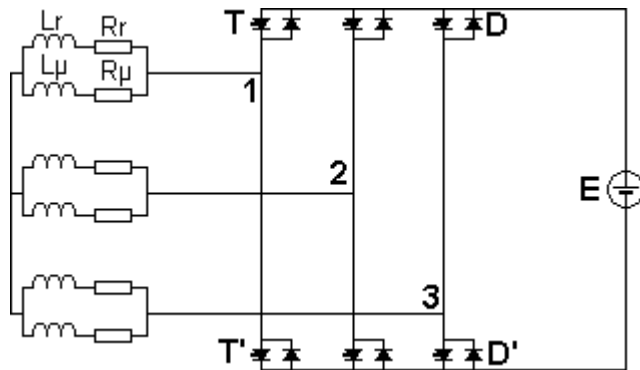
Lors de la phase de freinage, la machine asynchrone fonctionne en génératrice. Son rotor doit tourner à une vitesse supérieure à celle du champ tournant créé par l'onduleur (hypersynchronisme).

L'onduleur fonctionne en redresseur et l'énergie est récupérée par le condensateur de filtrage C. Ceci se traduit par une élévation de la tension aux bornes du condensateur. Lorsque la tension atteint un seuil défini, la résistance de freinage Rf est mise en service pour décharger le condensateur.

La commande de Th est réalisée avec un rapport cyclique variable entre 0 et 1, la dissipation maximale se faisant pour la conduction continue de Th (freinage maximal).

En outre le condensateur fournit la puissance réactive nécessaire à la magnétisation de la machine.

## Schéma Cedrat - Circuit



$$R_{\mu} = 41 \Omega$$

$$R_R = 246 \Omega$$

Avec une fréquence de 50Hz :

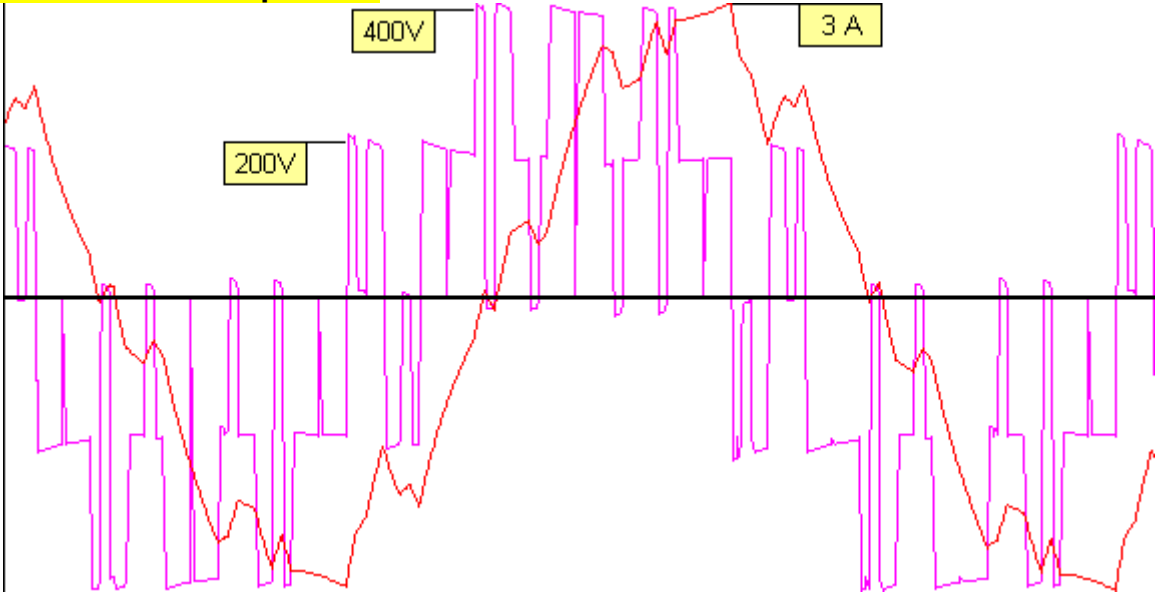
$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu}}{\omega} = \frac{152,5}{2 \times \pi \times 50} = 485 \text{ mH}$$

$$L_R = \frac{X_R}{\omega} = \frac{70,2}{2 \times \pi \times 50} = 223 \text{ mH}$$

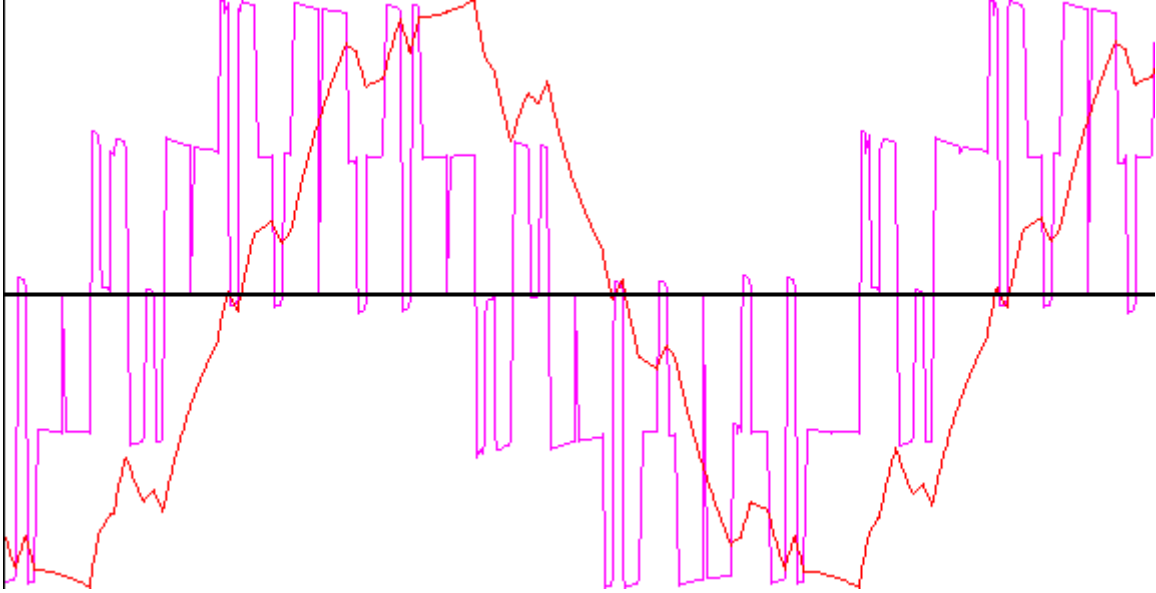
## Valeurs et paramètres de simulation

- E : source de tension continue 600 V
- Lr : inductance 223 mH
- Rr : résistance 152 Ω
- L<sub>μ</sub> : inductance 485 mH
- R<sub>μ</sub> : résistance 41 Ω
- T interrupteur unidirectionnel commandé
  - 10 kΩ à l'état bloqué
  - 0,1 Ω à l'état passant
  - V<sub>RRM</sub> = 800 V
  - Sinusoïde de référence : 50 Hz
  - Indice de modulation : 9
  - Coefficient de réglage en tension : 100%
  - Temps de garde : 0
  - Voie haute : commande MLI symétrique principale ( T1, T2, T3 )
  - Voie basse: commande MLI symétrique complémentaire (T1', T2', T3' )
  - Phase au temps 0 :
    - T1 et T1' : 0°
    - T2 et T2' : +120°
    - T3 et T3' : -120°
- D : diode
  - 10 kΩ à l'état bloqué
  - 0,1 Ω à l'état passant
  - V<sub>RRM</sub> = 1500 V
- **Simulation :**
  - ◆ Initialisation du calcul à 0
  - ◆ Durée de la simulation non stockée : 100 ms
  - ◆ Durée de la simulation stockée : 30 ms
  - ◆ Limite de tension : 800 V
  - ◆ Limite de courant : 20 A
  - ◆ 256 points par période

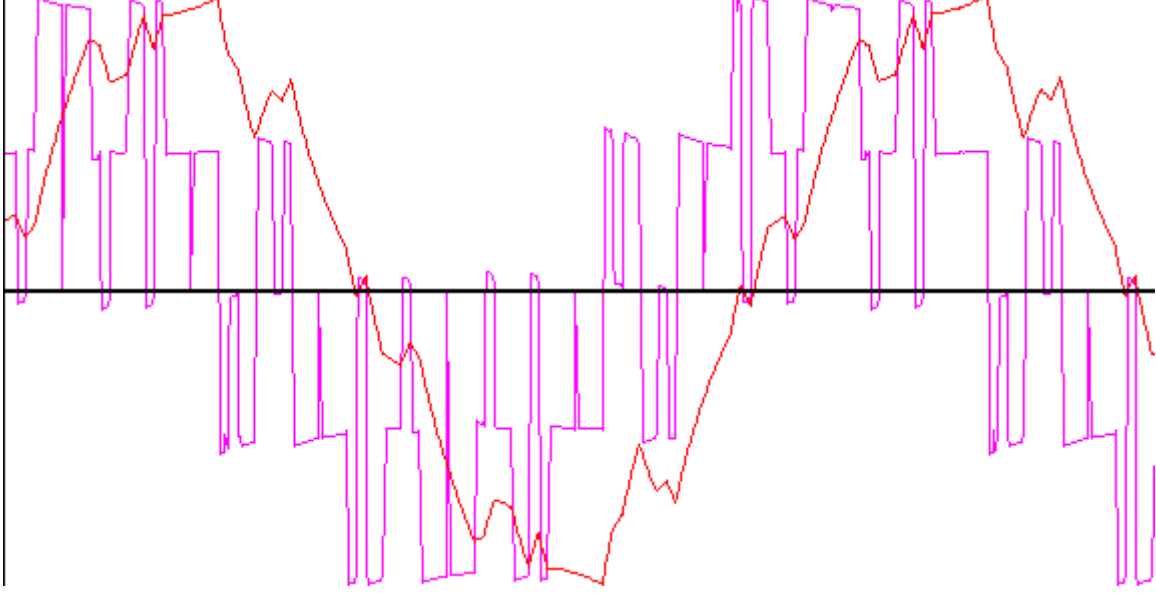
**tension et courant phase 1**



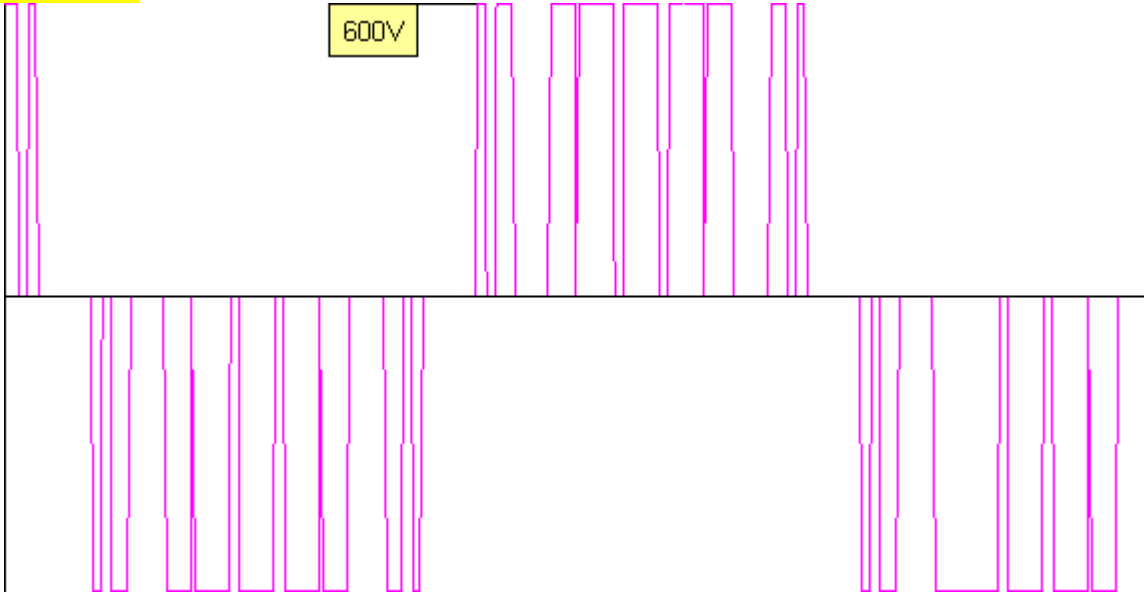
**tension et courant phase 2**



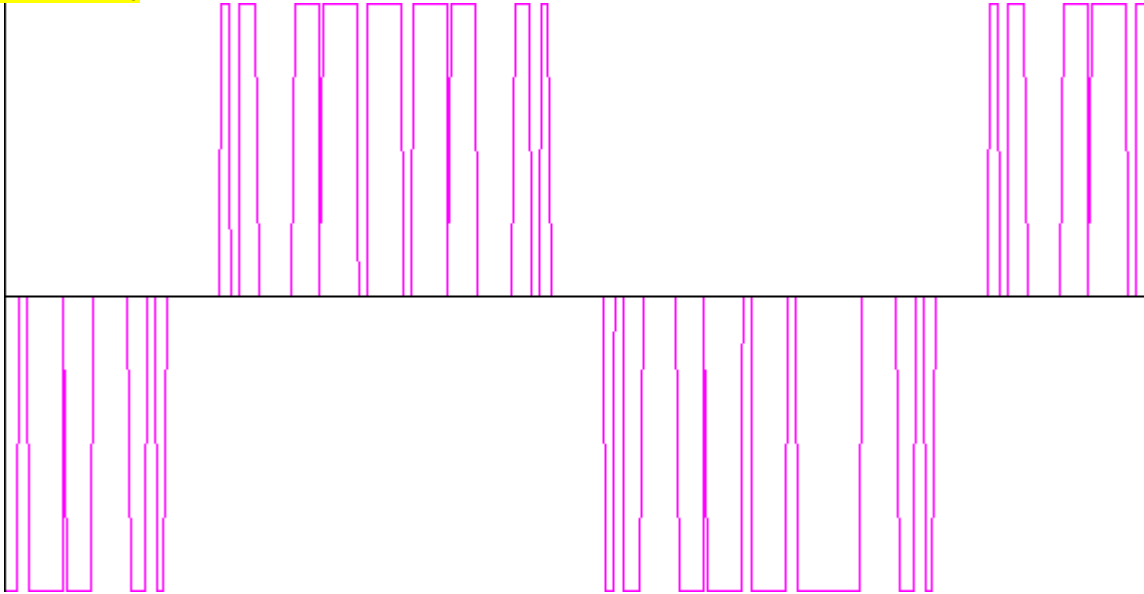
**tension et courant phase 3**



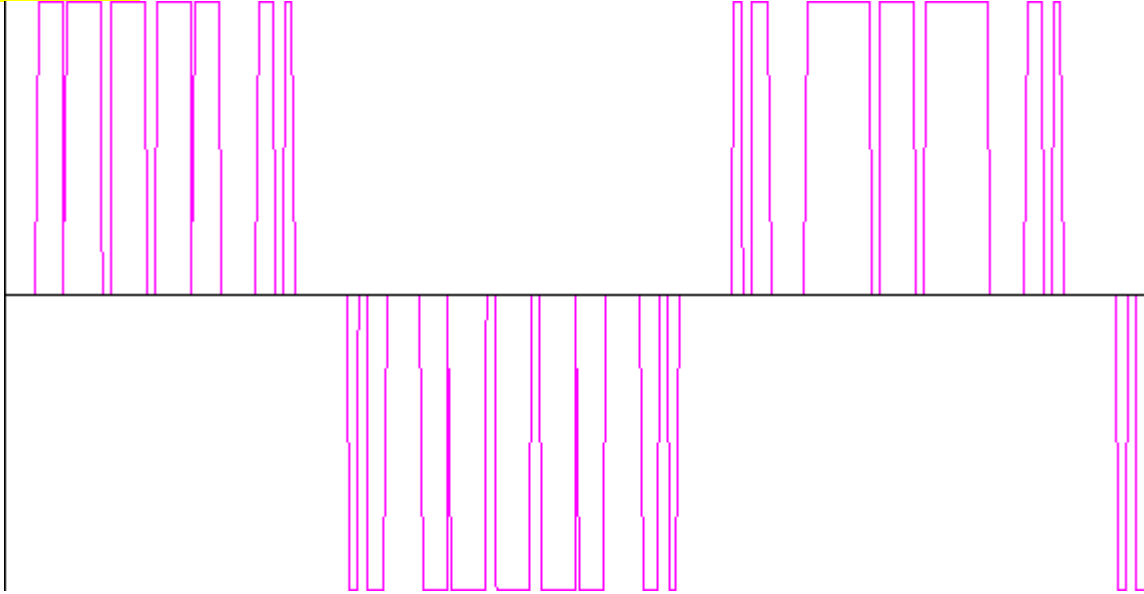
tension  $U_{12}$



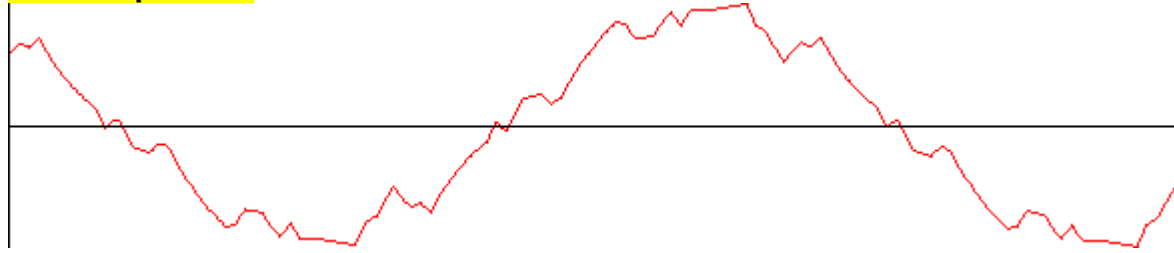
tension  $U_{23}$



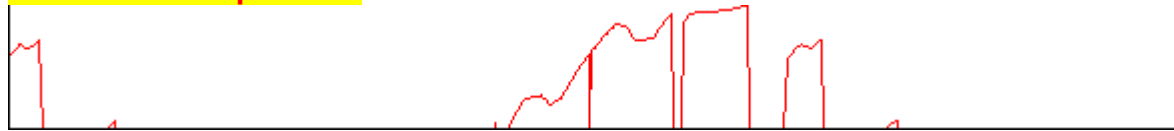
tension  $U_{31}$



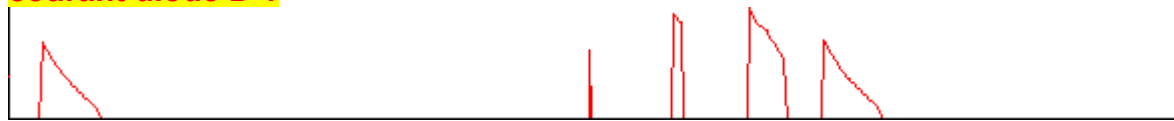
**courant phase 1**



**courant interrupteur T1**



**courant diode D'1**



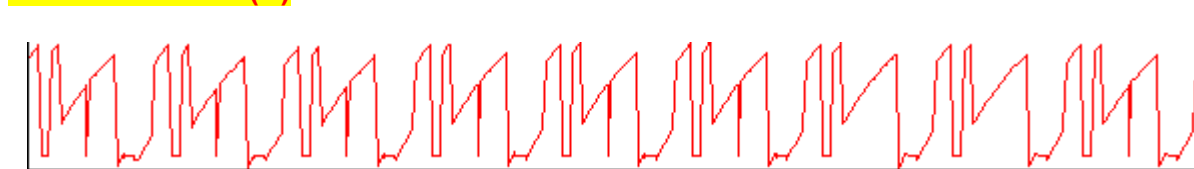
**courant diode D1**



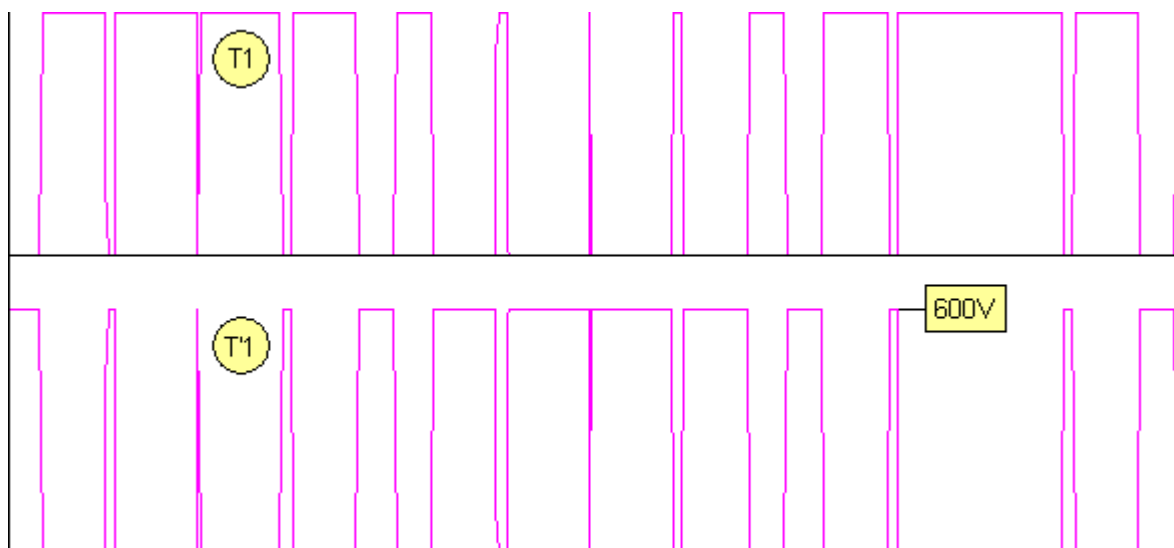
**courant interrupteur T'1**



**courant source (E)**



**tensions aux bornes des interrupteurs du bras 1**

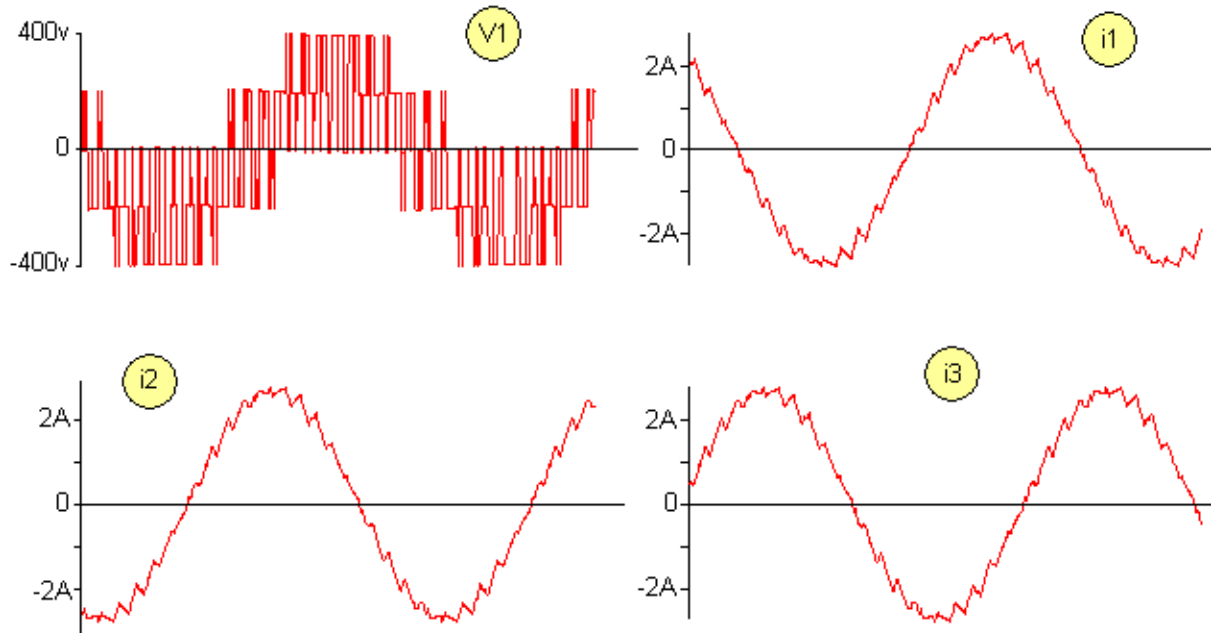




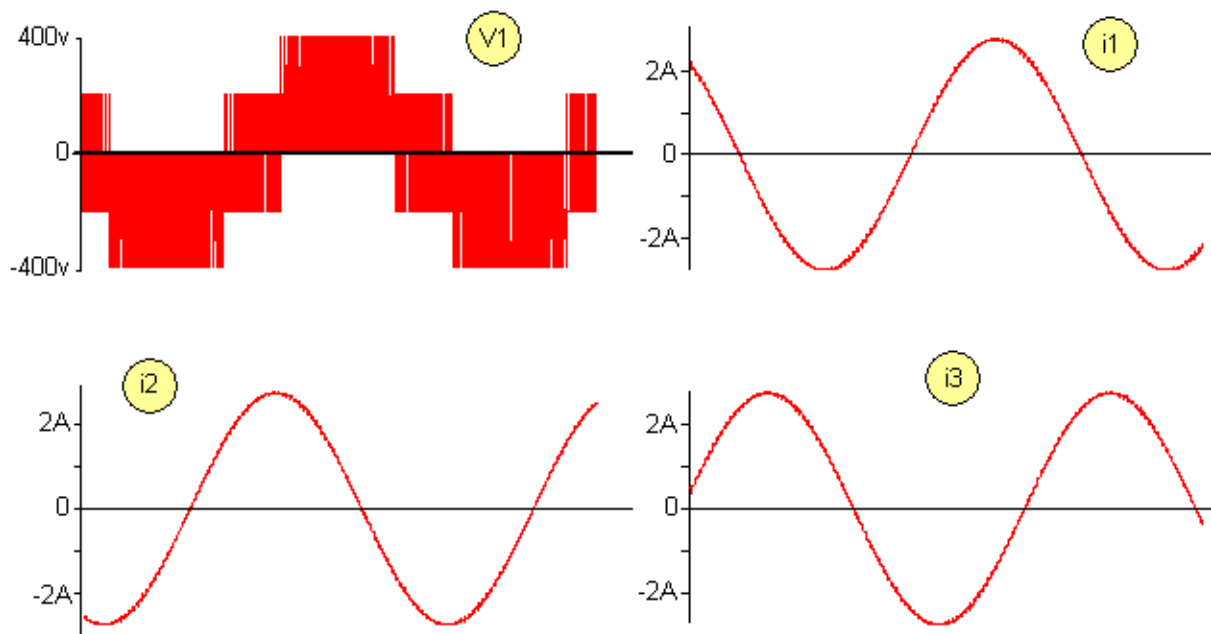
**Influence de l'indice de modulation**

Les relevés précédents ont été effectués avec un indice de modulation égal à 9.

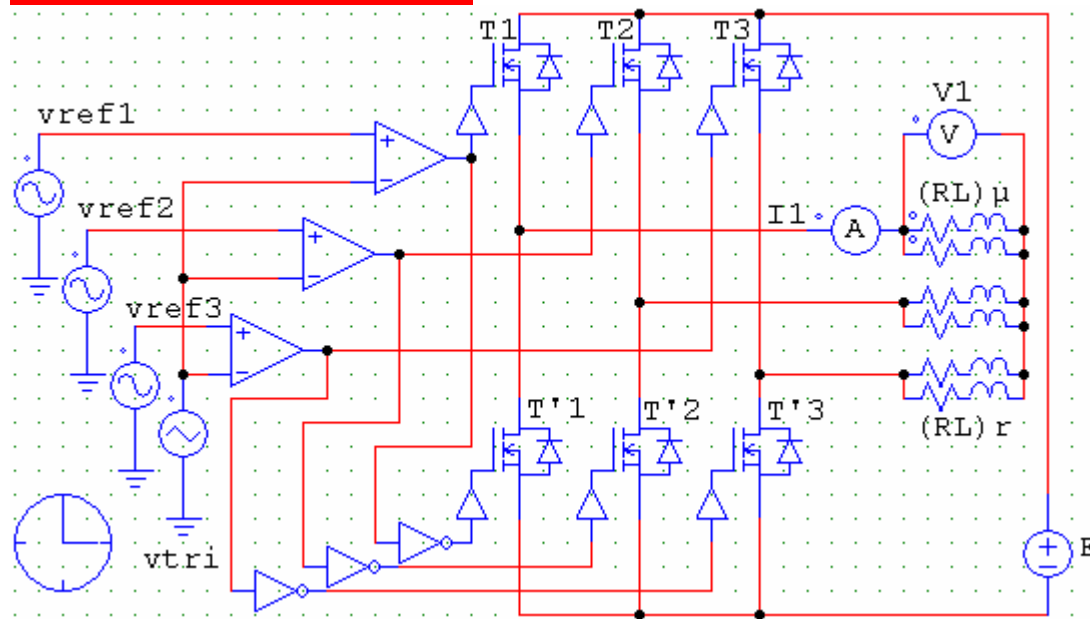
**indice de modulation = 21**



**indice de modulation = 99**

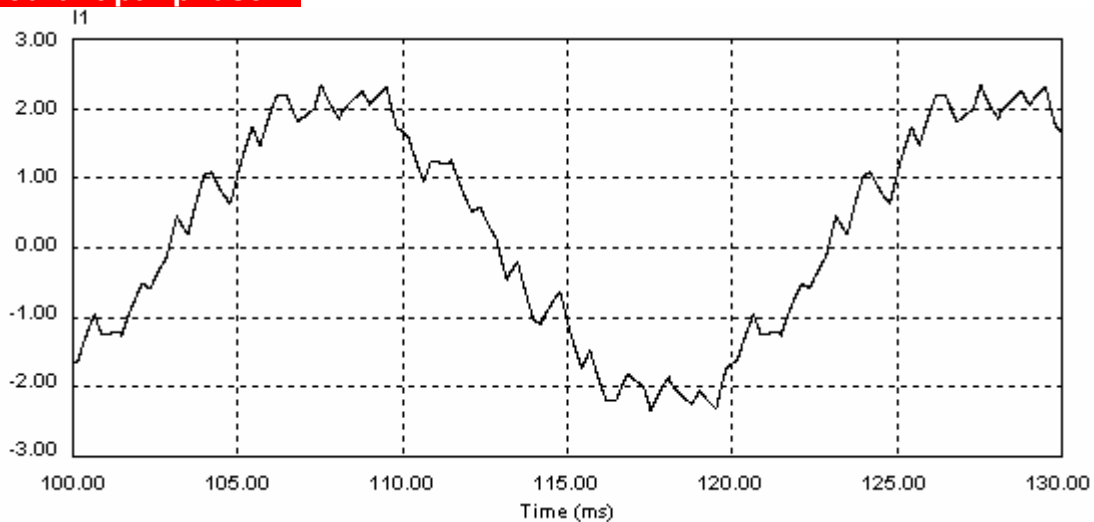


**Schéma sous PSIM 6.0**

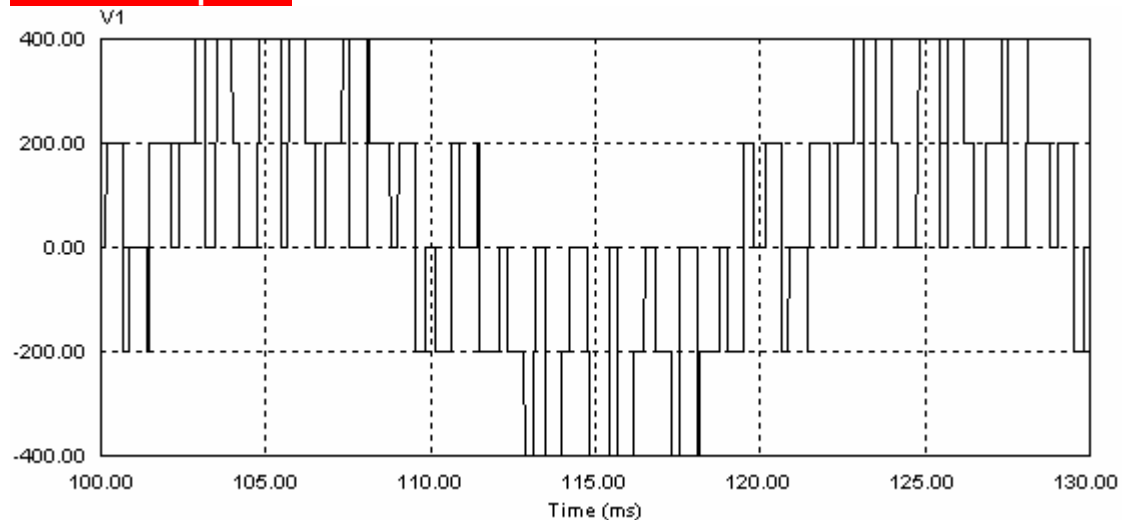


La simulation donne des résultats comparables.

**Courant par phase I1**

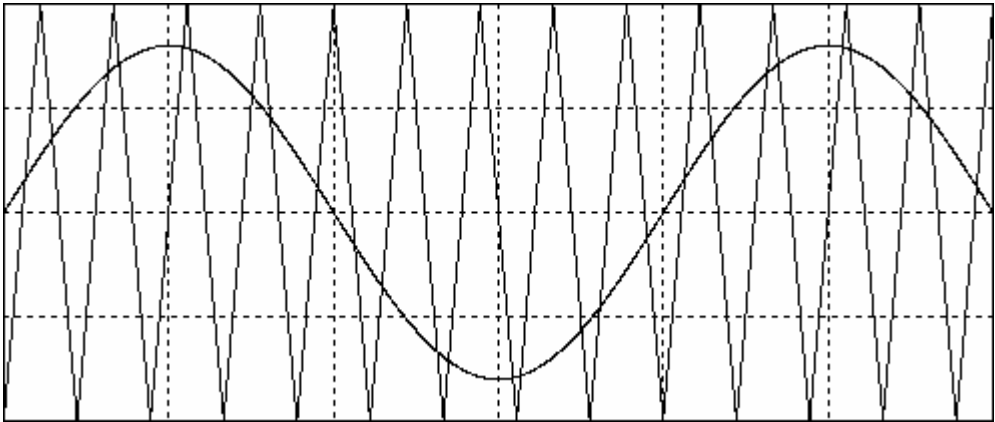


**Tension simple V1**

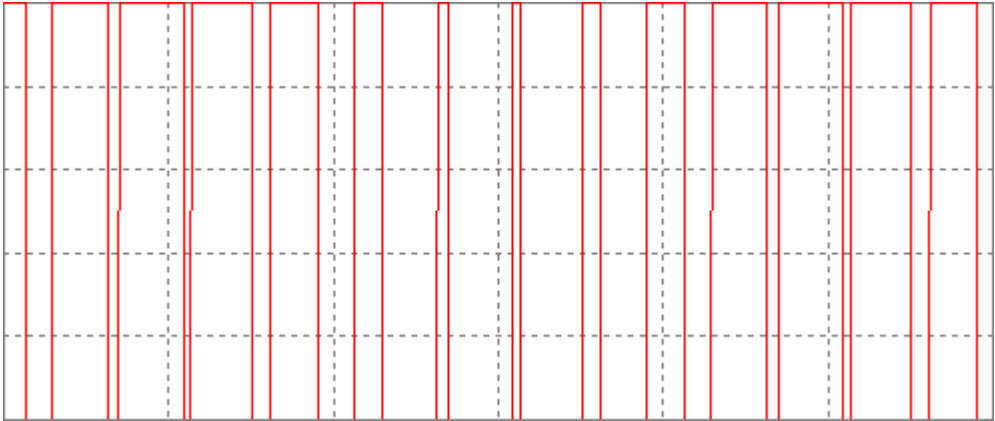


PSIM permet de générer une commande MLI à partir de signaux sinus et triangle.

**vref1 et vtri**



**grille de T1**



**grille de T'1**

