

Troisième partie

**RÉSULTATS-DISCUSSION**

# Chapitre 6

## Simulation

### 6.1 Présentation du logiciel

#### 6.1.1 Objectif

Les comportements des MAS triphasés pendant une phase transitoire peuvent être déterminés grâce aux simulations, qui les modélise d'un système d'équations différentiels.

Un micro logiciel à été conçu pour :

- Simuler la phase de démarrage avec un *fort couple extérieur* appliqué à l'arbre ;
- Afficher les différentes grandeurs observables (Courants, couples, vitesse, ...).

#### 6.1.2 Cas à simuler

On prend comme origine du temps l'instant de la mise sous tension du MAS triphasé . Après 0,1 [s] un couple extérieur nommé "*couple de contrage*" de valeur  $-200$  [Nm] est appliqué à l'arbre jusqu'à l'instant 0,5 [s]. *LamsS* calcule et affiche les grandeurs de sortie en système *p.u.*, en utilisant les paramètres dans les tableaux 6.1, 6.3, 6.2 et 6.4.

*Les paramètres nominaux :*

Tension nominale $U_n$	220 [V]
Courant nominal $I_n$	25 [A]
Fréquence nominale $f_n$	50 [Hz]
Puissance nominale $P_n$	11500 [W]
Couplage	Triangle

TABLE 6.1 – Paramètres nominaux du moteur [7]

*Les paramètres mécaniques :*

Moment d'inertie $J$	0.5 [ $kg.m^2$ ]
Vitesse maximale $V_{max}$	1500 [tr/min]
Couple maximal $T_{max}$	210 [N.m]
Couple résistant $T_{pertes}$	2 [N.m]

TABLE 6.2 – Paramètres mécaniques du moteur[7]

Les paramètres électriques :

Résistance statorique $R_s$	0.29 [ $\Omega$ ]
Inductance statorique $L_s$	50 [mH]
Résistance rotorique $R_r$	0.38 [ $\Omega$ ]
Inductance rotorique $L_r$	50 [mH]
Inductance mutuelle $L_{sr}$	47.3 [mH]
Nombre de paires de pôle	2
MAS triphasé	à cage

TABLE 6.3 – Paramètres électriques du moteur[7]

Les grandeurs de référence :

$U_{ref}$	311.127 [V]
$I_{ref}$	35.355 [A]
$P_{ref}$	16500 [W]
$Z_{ref}$	8.8 [ $\Omega$ ]
$\omega_{ref}$	314.159 [rad/s]
$L_{ref}$	28.011 [mH]
$\Omega_{ref}$	78.539 [rad/s]
$T_{ref}$	210.085 [N.m]

TABLE 6.4 – Grandeurs de référence[7]

### 6.1.3 *LamsS*

*LamsS* permet à son utilisateur de :

- Simuler le comportement de plusieurs types de moteurs ;
- Varier la nature de régime d'alimentation (équilibré ou non) ;
- Varier les intervalles de calcul ;
- Changer les charges extérieures ;
- Changer les instant d'application des charges ou événements (changement de régime, couplage des charges, ...).

*LamsS* se divise en trois fenêtres :

- Fenêtre d'accueil (figure 6.1) ;
- Fenêtre de saisis de calcul (figure 6.2) ;
- Fenêtre d'affichage (figure 6.3).

– Le fenêtre d'accueil :



FIGURE 6.1 – Fenêtre d'accueil

– Le fenêtre de calcul :

**Supply**

U1[V]= 220 phase1 en[Degré]= 0

U2[V]= 220 phase2 en[Degré]= 120 50

U3[V]= 220 phase3 en[Degré]= 240

Fréquence en[Hertz]

**Time**

t\_init= 0 t\_dcpl = 0.4

t\_fin = 2 Pas\_calc= 0.001

t\_cpl = 0.1

**Nominal magnitude**

U\_nom= 220

I\_nom= 25

**Parameters**

Lsp[H] = 0.05 Lsn[H] = 0.05 Rs[Ohm]= 0.29

Lrp[H] = 0.05 Lm[H] = 0.05 Rr[Ohm]= 0.38

Lsrp[H] = 0.047 Lsm[H] = 0.007 J[kg/m2]= 0.5

Rfp[Ohm]= 0.00 Rfn[Ohm]= 0.00 p = 2

**Load**

T\_frottement = -2

T\_contrage = -200

**CALCULATE**

**BACK**

FIGURE 6.2 – Fenêtre du calcul

- Le fenêtre d’affichage :

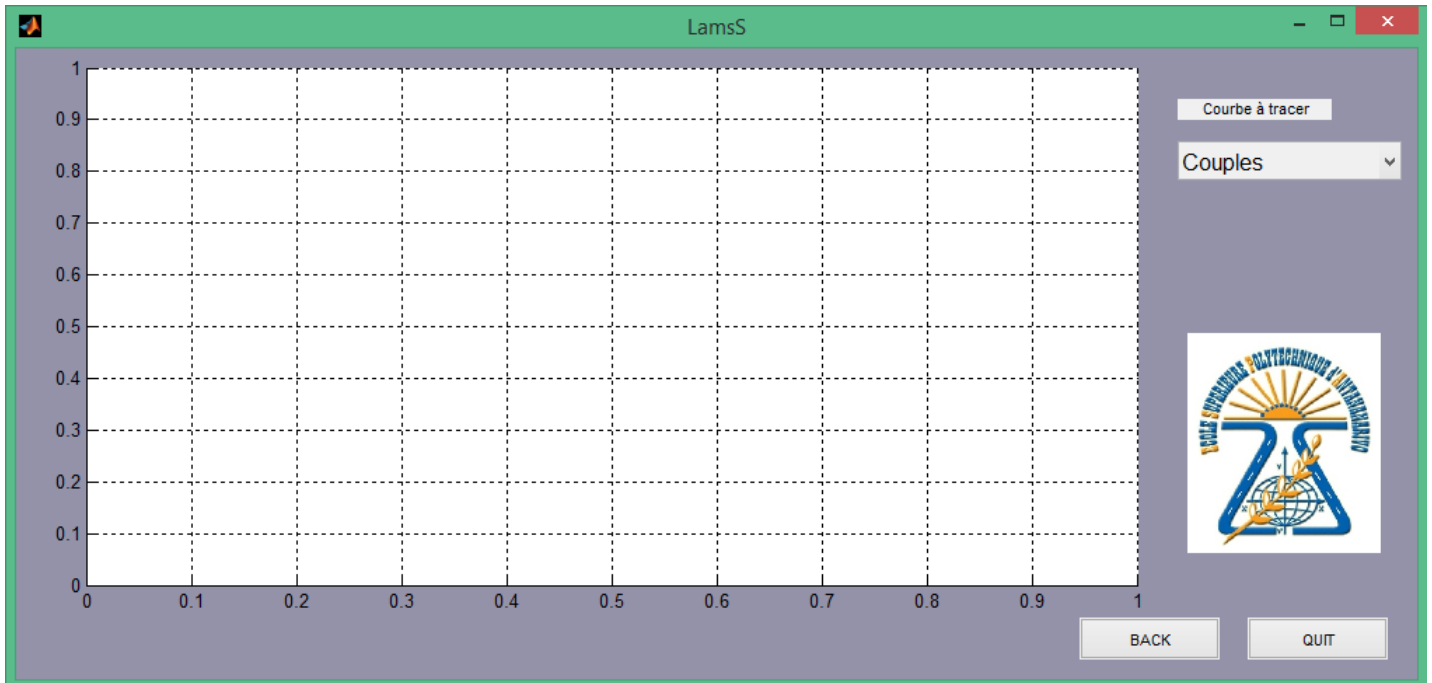


FIGURE 6.3 – Fenêtre d’affichage

## 6.2 Résultats des simulations

### 6.2.1 Déroulement de la simulation

Le simulation se déroule comme suit :

- Lancement du *LamsS.exe* ;
- Saisie des différents paramètres(fig.6.2) :
  - \* Les paramètres du système triphasé (équilibré ou non) sur la zone *Sypply* ;
  - \* Les temps de calcul sur la zone *Time* ;
  - \* Les paramètres du moteur sur la zone *Parameters* ;
  - \* Les paramètres du moteur sur la zone *Load*.
- Calcul ;
- Affichage.

### 6.2.2 Résultats

Les résultats de la simulation se manifestent comme suit :

- Les premières résultats s’affichent sur la fenêtre de calcul, c’est-à-dire le taux de déséquilibre de système triphasé d’alimentation (figure 6.4) ;
- Les différentes courbes sont affichées dans la fenêtre d’affichage.

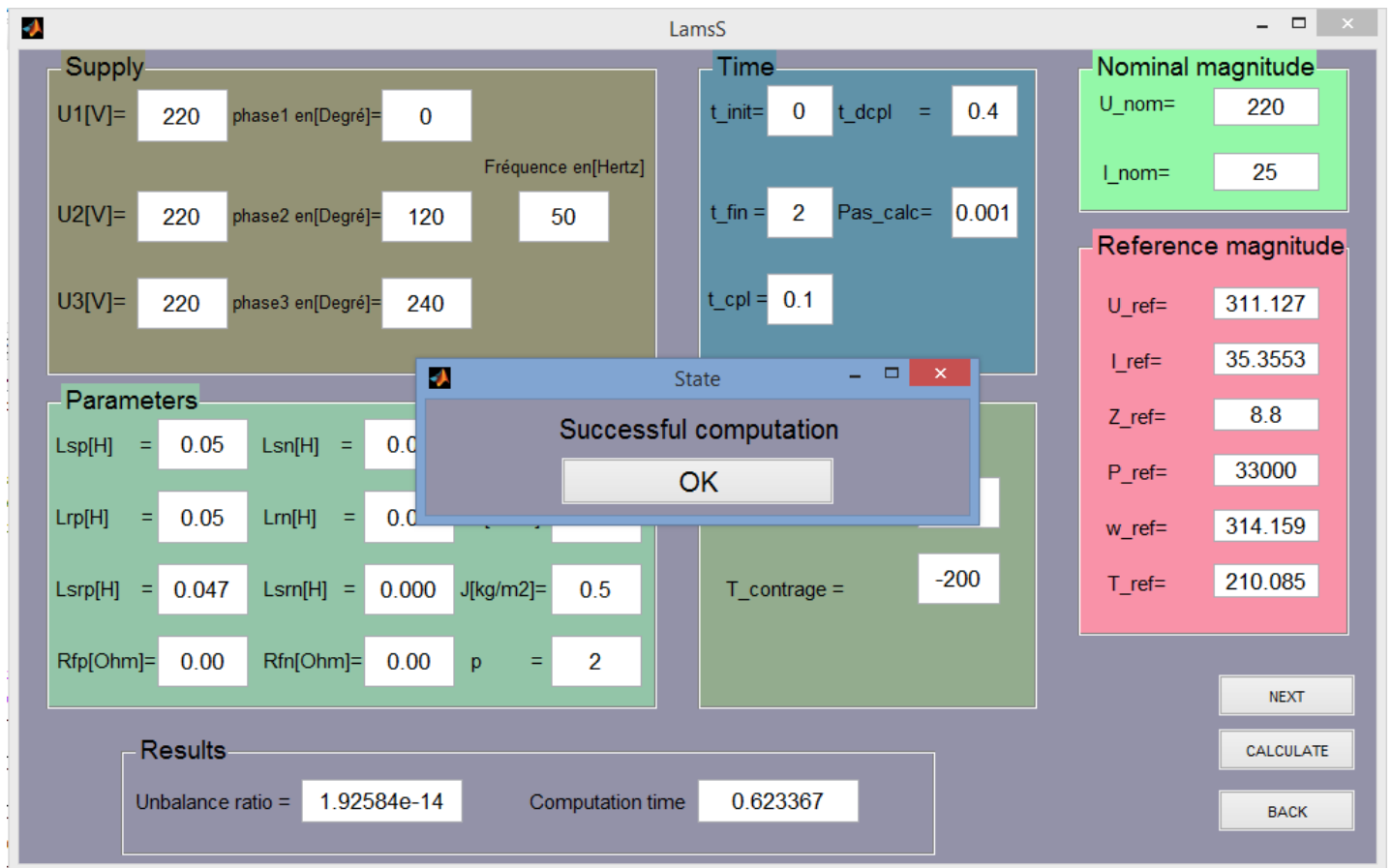


FIGURE 6.4 – Premières résultats

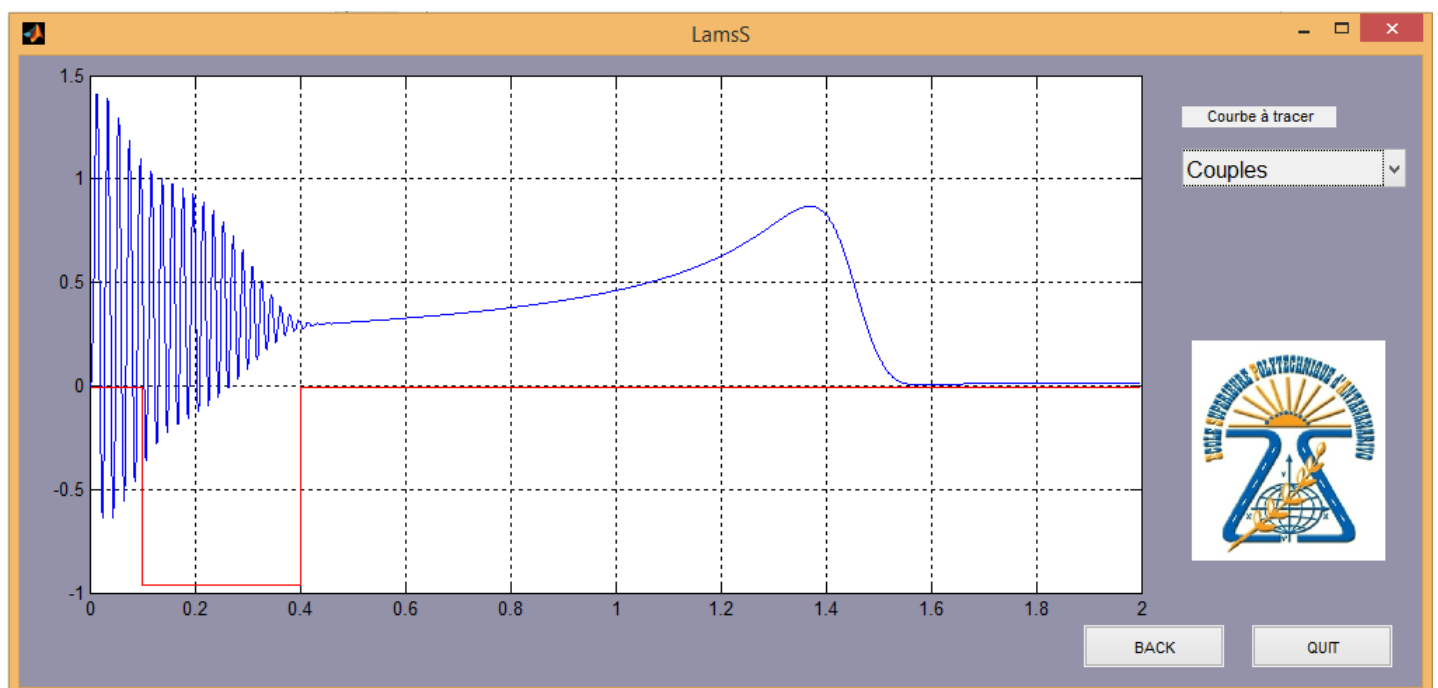


FIGURE 6.5 – Les résultats

# Chapitre 7

## Discussion

### 7.1 Interprétation des résultats

Le comportement d'un MAS triphasé peut être tiré à partir des allures de ses grandeurs de sortie (Couple, vitesse, position,...) et des courants absorbés. Cette interprétation se base sur la description de chaque grandeur, leurs causes et conséquences.

#### 7.1.1 Temps de démarrage[2]

Le temps de démarrage est fonction du moment d'inertie, du couple développé par le moteur et de la nature et/ou de l'intensité des couples extérieurs. Les appels de courant doivent rester dans les limites définies dans figure 7.1.

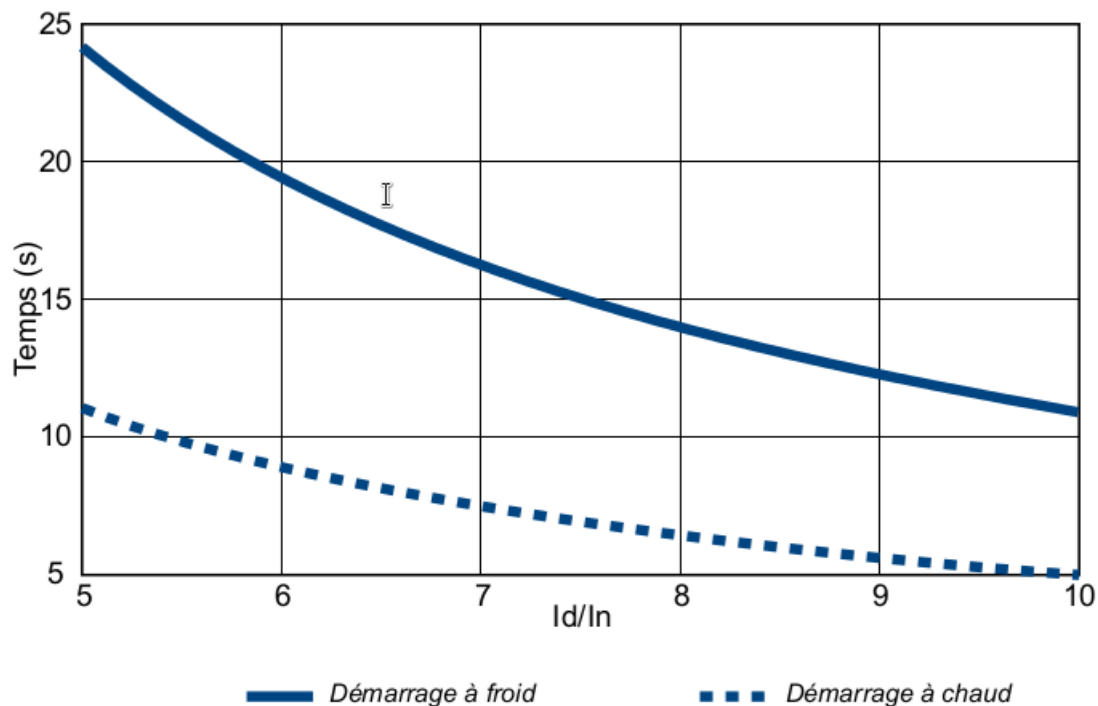


FIGURE 7.1 – Abaque des limites des temps de démarrage [2]

### 7.1.2 Vitesse

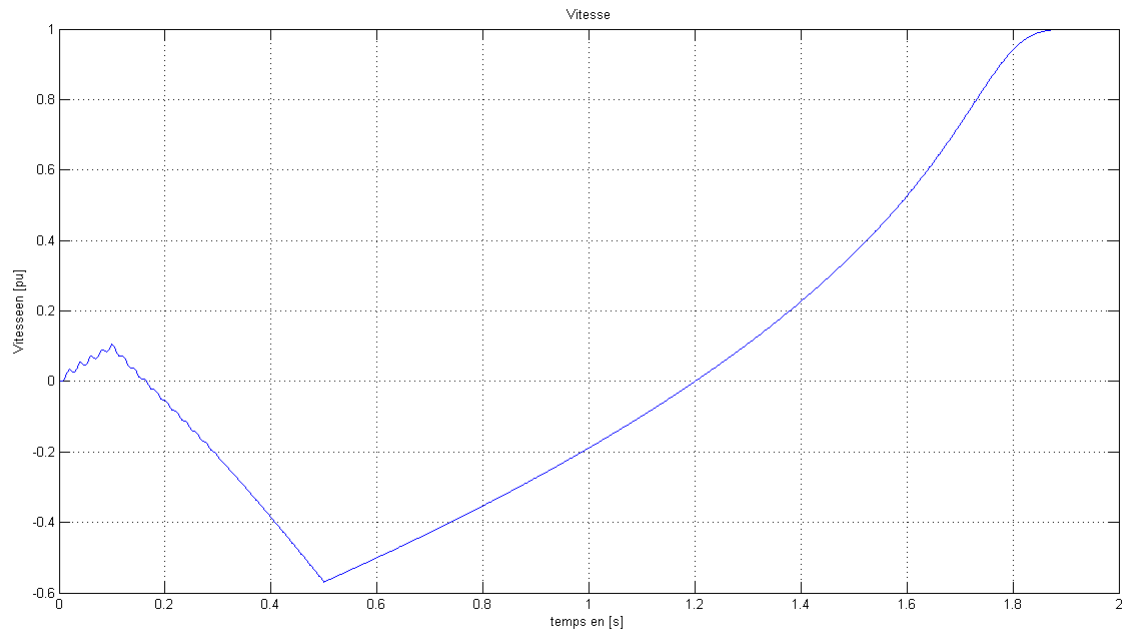


FIGURE 7.2 – Vitesse du MAS triphasé - Résultat de la simulation

#### ◇ Description

La figure 7.2 se décrit comme suit :

- Dans l'intervalle du temps  $[0, 0.1]$  la vitesse augmente de zéro à une certaine valeur (c'est-à-dire que cet intervalle représente que le système se met en mouvement) avec une petite oscillation qui se traduit par des vibrations ;
- Diminue et change de sens à l'instant  $0,17$  [s] (à peu près) ;
- Reste négative jusqu'à l'instant  $1,2$  [s] (à peu près) mais varie (la valeur absolue de cette vitesse ne cesse d'augmenter jusqu'à l'instant de découplage du couple extérieur), autrement dit le rotor tourne dans le sens inverse ;
- L'intervalle  $[0.1 \text{ à } 0.5]$  [s] représente le couplage du couple extérieur ou une perturbation.
- Change à nouveau de signe à  $t = 1,2$  [s] ;
- Continue d'augmenter et atteint son régime permanent à partir de l'instant  $1,90$  [s] ;
- A partir du moment de découplage du charge, la vitesse augmente progressivement d'une façon plus ou moins linéaire.
- L'intervalle  $[0.5 \text{ à } 1.90]$  [s] représente le temps de réponse .

#### ◇ Cause

D'après l'équation du mouvement (relation 1.11) le couple développé par le MAS triphasé doit être supérieur à tous les couples extérieurs, cependant il est incapable de le vaincre donc le rotor tourne dans le sens inverse.

#### ◇ Conséquence

- Pendant le moment où le rotor tourne en sens inverse ( $s > 1$ ), le moteur fonctionne en tant que frein électromagnétique. Il tente de vaincre les forces extérieurs et faire tourner



- le rotor suivant le sens du champ tournant ;
- Longue période de démarrage.

### 7.1.3 Couples

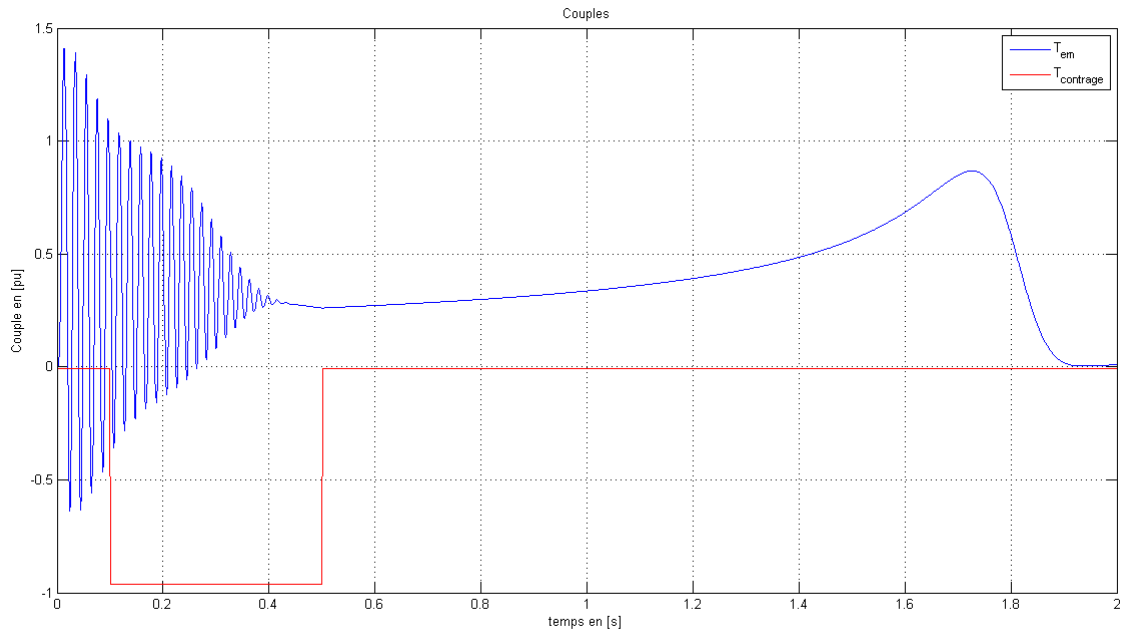


FIGURE 7.3 – Couples électromécanique et extérieur - Résultats de la simulation

#### ◇ Description

- Les couples extérieurs sont la somme de frottement et charge, ils sont constants. La charge est appliquée entre 0,1 à 0,5 [s].
- Le couple électromécanique développé par le moteur est représenté par la courbe en bleu et présente une variation périodique entre deux valeurs positive et négative. Son enveloppe est une courbe quasi-linéaire de pente  $-40\%$  environs jusqu'à l'instant 0,4 [s]. Puis augmente progressivement pour atteindre une valeur crête à 1,7 [s] et diminue brusquement jusqu'à une valeur égale à la valeur absolue des pertes mécaniques.

#### ◇ Cause

- Les couples extérieurs :  
Ce couple est soit appliqué volontairement, soit lors des effets des charges du moteur quelle que soit l'origine.
- Le couple électromécanique développé par le moteur :  
C'est le couple obtenu par la conversion d'énergie électrique en énergie mécanique, c'est-à-dire que le destin du moteur est de produire ce couple. La variation ou oscillation du couple électromécanique est provoqué par l'effet du moment d'inertie (résistance de mise en rotation ou à une accélération angulaire) et/ou la mise en rotation du système au repos.

- Comme la charge n'est appliquée que dans un petit intervalle, même après la disparition du couple extérieur (marche à vide) le moteur développe encore du couple pour vaincre l'effet du couple extérieur et le moment d'inertie.

#### ◇ Conséquences

- Les variations périodiques du couple électromécanique provoque des fortes vibrations au niveau du moteur et de son entourage.
- La nature des couples extérieurs, la durée de son application et son intensité ont des influences sur le temps de démarrage, la vitesse et la nature du fonctionnement de la machine, ...
- Les vibrations provoquent des fatigues prématurées des organes mécaniques du moteur (arbres, roulements,...), des détériorations ou déséquilibres des systèmes de fixation.
- L'application des deux moments opposés sur l'arbre provoque une torsion conduisant à une déformation ou une rupture.

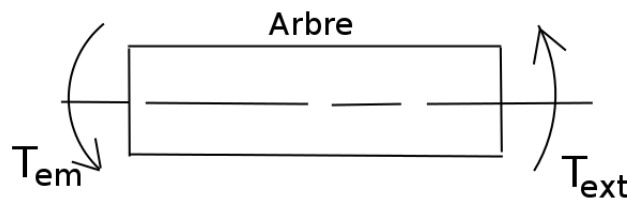


FIGURE 7.4 – Contrainte lors du démarrage et le fort couple extérieur

### 7.1.4 Courants statoriques

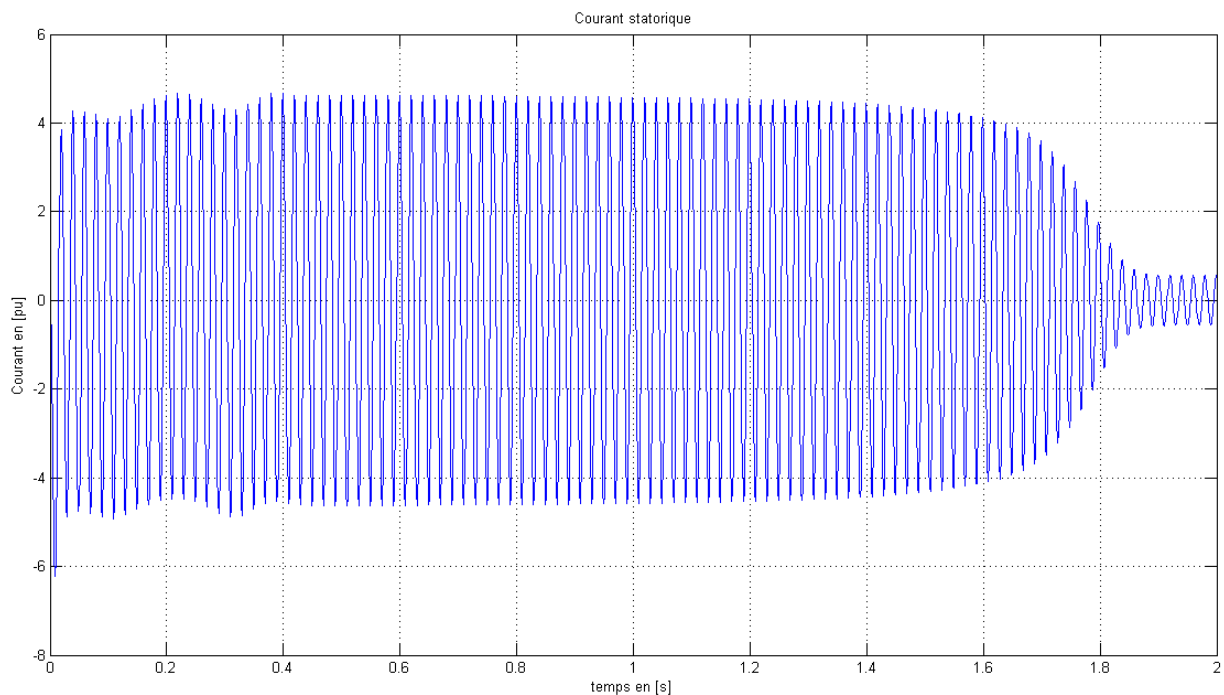


FIGURE 7.5 – Courant statorique - Résultat du simulation

◇ Description

Les courants absorbés présentent :

- Un pic de  $6 \text{ p.u.}$  ;
- une périodicité et une fréquence restant égale à celle du réseau d'alimentation ;
- Une amplitude de  $4,8 \text{ pu}$  pendant l'intervalle du temps 0 à  $1,6 \text{ [s]}$  ;
- Une diminution d'amplitude avant d'atteindre une valeur constante ;
- Un régime transitoire de  $1,9 \text{ [s]}$  .

◇ Causes

- Pour mettre en mouvement une charge au repos, le moteur doit développer un couple capable de vaincre le moment d'inertie, les pertes mécaniques et le couple extérieur. Or les enroulements statoriques sont le siège de flux (en présence des courants qui les parcourent) qui va se transformer en couple électromécanique (d'après la relation 1.12).
- Selon le bilan de puissance (figure 2.8) et le bilan de conversion électromécanique (figure 1.2), la puissance absorbée (ou énergie absorbée) autrement dit courant absorbé se transforme en plusieurs formes d'énergie (énergie mécanique, pertes Joule et pertes fer)
- Tout système a une tendance à vaincre ou à affronter toute charge extérieure qu'on lui applique jusqu'à l'instant où il ne le peut plus. Dans le cas du MAS triphasé, il tente toujours de vaincre toutes charges extérieures. Cependant sa capacité de produire un couple est limitée par la capacité des circuits magnétiques à produire des flux (caractérisés par la relation (1.12) et la figure(7.6)).

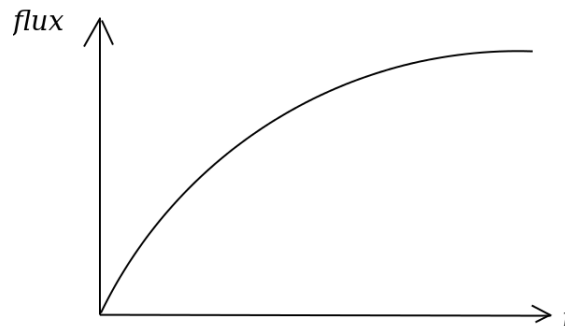


FIGURE 7.6 – Correspondance entre flux et courants statoriques

Cette caractéristique explique la longue durée de haute amplitude du courant statorique. En tentant de produire d'avantage de flux, le système absorbe une grande quantité de courant, à cause de la non linéarité du CM (Variation de la perméance magnétique), le courant et le flux ne sont plus proportionnelles.

◇ Conséquences

- Au niveau du circuit électrique :

L'effet Joule est un effet thermique qui se produit lors du passage du courant électrique dans un conducteur. Il se manifeste par une augmentation de l'énergie interne du conducteur et généralement de sa température et provoque :

- ★ Des dégradations des isolants des enroulements qui peut entraîner des court circuits ;
- ★ Dilatation des encoches qui peut provoquer des changements spatiaux des enroule-

- ment (C'est-à-dire désordre des emplacement des enroulements) ;
- ★ Fusion des conducteurs lors des fortes intensités.
- Au niveau du circuit magnétique :
  - ★ Les propriétés magnétiques des matériaux sont en fonction de la température, plus ils s'échauffent plus la perméabilité magnétique diminue ;
  - ★ Un flux alternatif circulant dans un milieu ferromagnétique y génère des pertes qui se traduisent par un échauffement. Ces pertes sont caractérisés par :
    - Les pertes par Hystérésis ;
    - Les pertes par courants de Foucault.
- Au niveau des organes mécaniques :
 

Lors des échauffements provoqués par l'effet Joule, par Hystérésis et par courants de Foucault, les propriétés (dureté, limite d'élasticité, ...) des organes mécaniques du moteur changent, entraînant des dégradations, des fatigues prématurées des roulements et les autres accessoires, ...
- A l'entourage du moteur :
  - Chute de tension ;
  - Insécurité de l'installation ;
  - Gaspillage d'énergie ;
  - Destructions des machines ou outils liés au moteur ;
  - ...

### 7.1.5 Courant rotorique

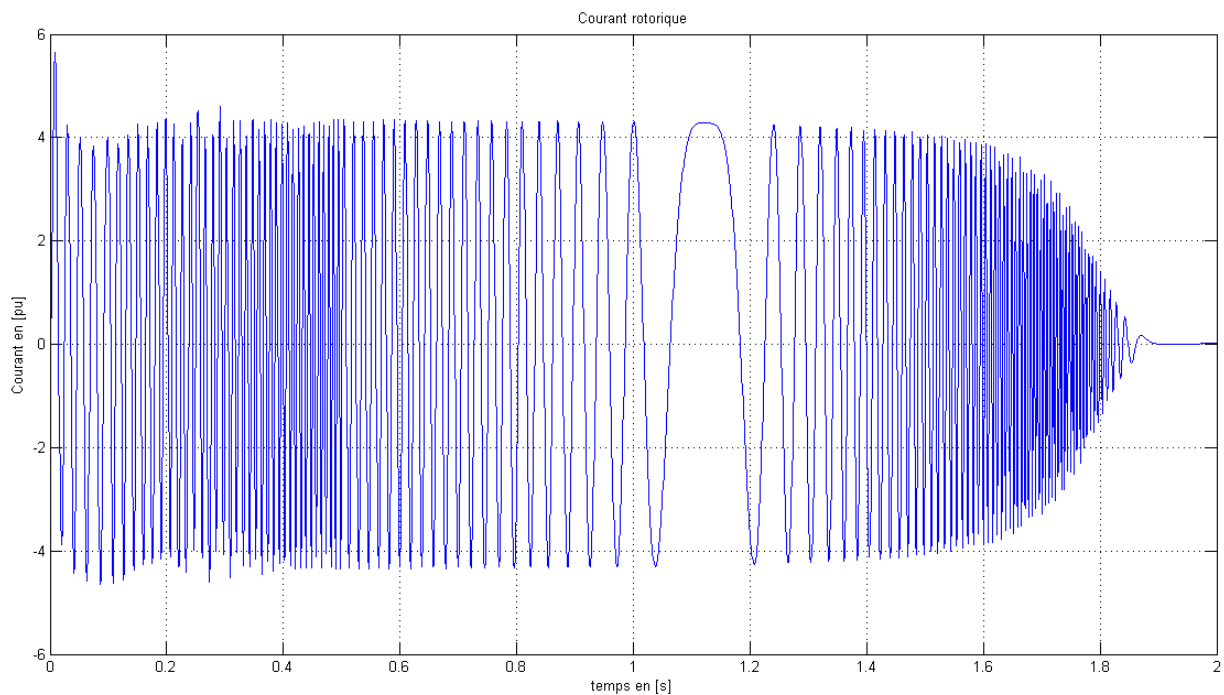


FIGURE 7.7 – Courant rotorique - Résultat de la simulation

### ◇ Descriptions

L'allure du courant rotorique conduit aux descriptions suivantes :

- Le pic du courant rotorique est de  $6 \text{ p.u.}$  ;
- Sa fréquence est variée et cette variation se divise en quatre parties, la fréquence élevée compris entre les instant  $0,1$  à  $0,75 \text{ [s]}$  et  $1,4$  à  $1,85 \text{ [s]}$ , la fréquence moyenne entre  $0$  à  $0,1 \text{ [s]}$  et  $0,75$  à  $0,9 \text{ [s]}$ , la fréquence faible entre  $0,9$  à  $1,4 \text{ [s]}$  et la fréquence très faible à partir de l'instant où le régime permanent est établi (Figure 7.8).

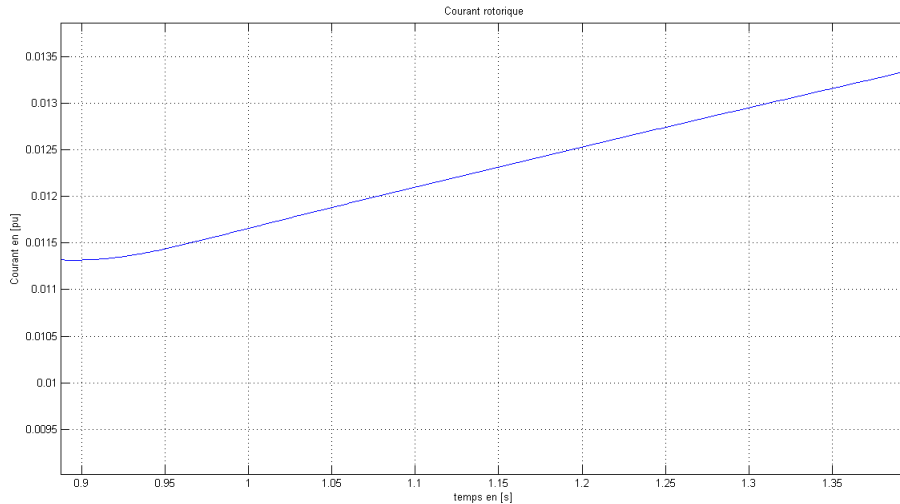


FIGURE 7.8 – Courant rotorique à vide

### ◇ Causes

A l'instant où l'on applique la charge extérieure, la vitesse diminue (le glissement augmente), après le rotor tourne en sens inverse (le glissement est supérieur à l'unité  $s > 1$ ), or la fréquence rotorique est en fonction du glissement  $f_r = sf_s$ , d'où l'augmentation de la fréquence. Cependant la vitesse augmente avec la fréquence à l'instant où le moteur développe de couple maximal avant de retomber à zéro.

La dernière tranche ( $1,8$  à  $2 \text{ [s]}$ ) correspondant à la marche à vide représente une très faible valeur du courant avec une faible fréquence.

### ◇ Conséquences

- Échauffement intense au niveau du rotor (pertes par effet Joule, Hystérésis et courants de Foucault) ;
- Détérioration et/ou destruction des organes mécaniques ;

## 7.1.6 Autres simulations

Après ces interprétations trois autres cas ont été simulés selon les scénarios suivants :

- Deuxième simulation :

Charge extérieure  $-200 \text{ [Nm]}$ , appliquée pendant  $1 \text{ [s]}$  après  $0,1 \text{ [s]}$  de l'instant de démarrage (figure 7.9 à 7.13).

- Troisième simulation :  
Même scénario que dans le deuxième simulation mais la charge extérieure est appliquée pendant 3 [s] (figure 7.14 à 7.18).
- Quatrième simulation :  
Charge extérieure  $-150[Nm]$  et appliquée après 0,1 [s] (figure 7.19 à 7.23)

The screenshot shows the LamsS simulation software interface with the following sections:

- Supply:**
  - U1[V]= 220 phase1 en[Degré]= 0
  - U2[V]= 220 phase2 en[Degré]= 120 Fréquence en[Hertz]= 50
  - U3[V]= 220 phase3 en[Degré]= 240
- Time:**
  - t\_init= 0 t\_dcpl = 1.1
  - t\_fin = 6 Pas\_calc= 0.001
  - t\_cpl = 0.1
- Nominal magnitude:**
  - U\_nom= 220
  - I\_nom= 25
- Reference magnitude:**
  - U\_ref= 311.127
  - I\_ref= 35.3553
  - Z\_ref= 8.8
  - P\_ref= 33000
  - w\_ref= 314.159
  - T\_ref= 210.085
- Parameters:**
  - Lsp[H] = 0.05 Lsn[H] = 0.00 Rs[Ohm]= 0.29
  - Lrp[H] = 0.05 Lrn[H] = 0.00 Rr[Ohm]= 0.38
  - Lsrp[H] = 0.047 Lsm[H] = 0.00 J[kg/m2]= 0.5
  - Rfp[Ohm]= 0.00 Rfn[Ohm]= 0.00 p = 2
- Load:**
  - T\_frottement = -2
  - T\_contrage = -200
- Results:**
  - Unbalance ratio = 1.92584e-14
  - Computation time = 2.5012

Buttons: NEXT, CALCULATE, BACK

FIGURE 7.9 – Résultat de la simulation-Calcul (scénario 2)

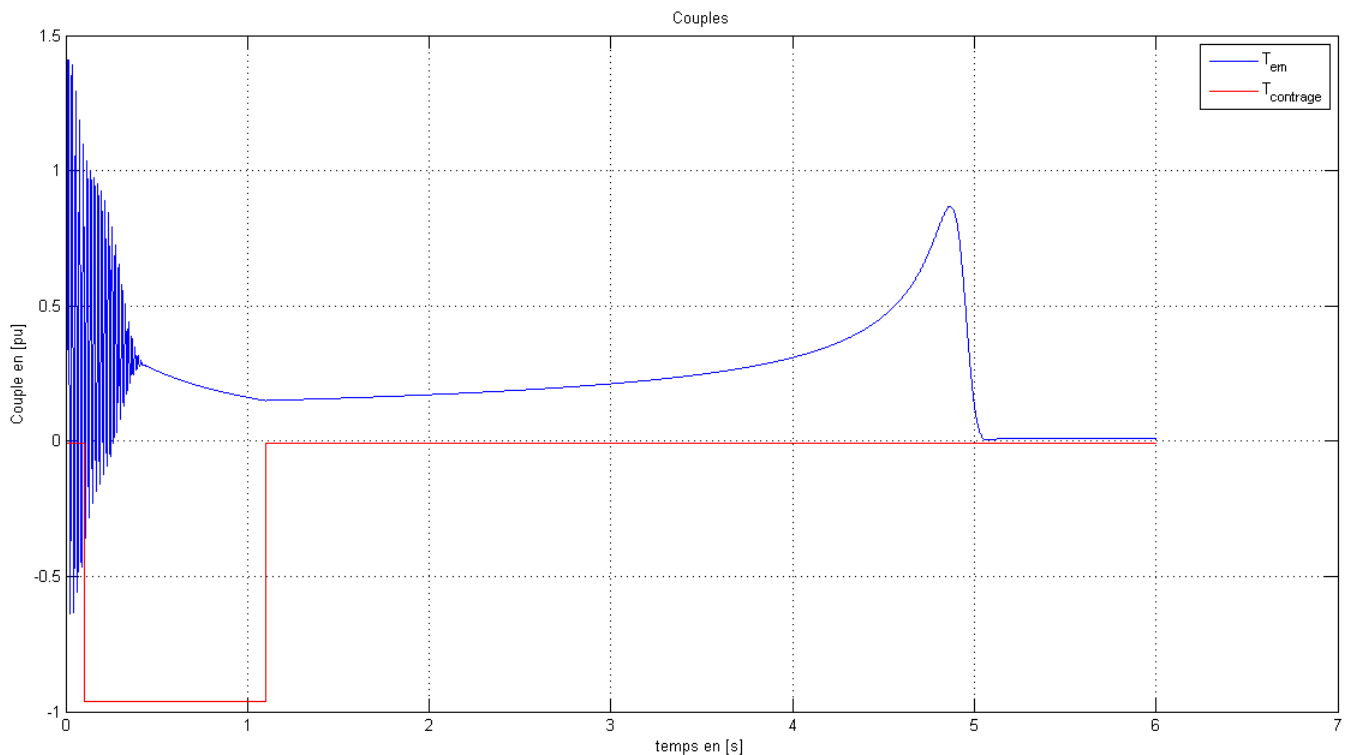


FIGURE 7.10 – Résultat de la simulation-Courbe :Couples (scénario 2)

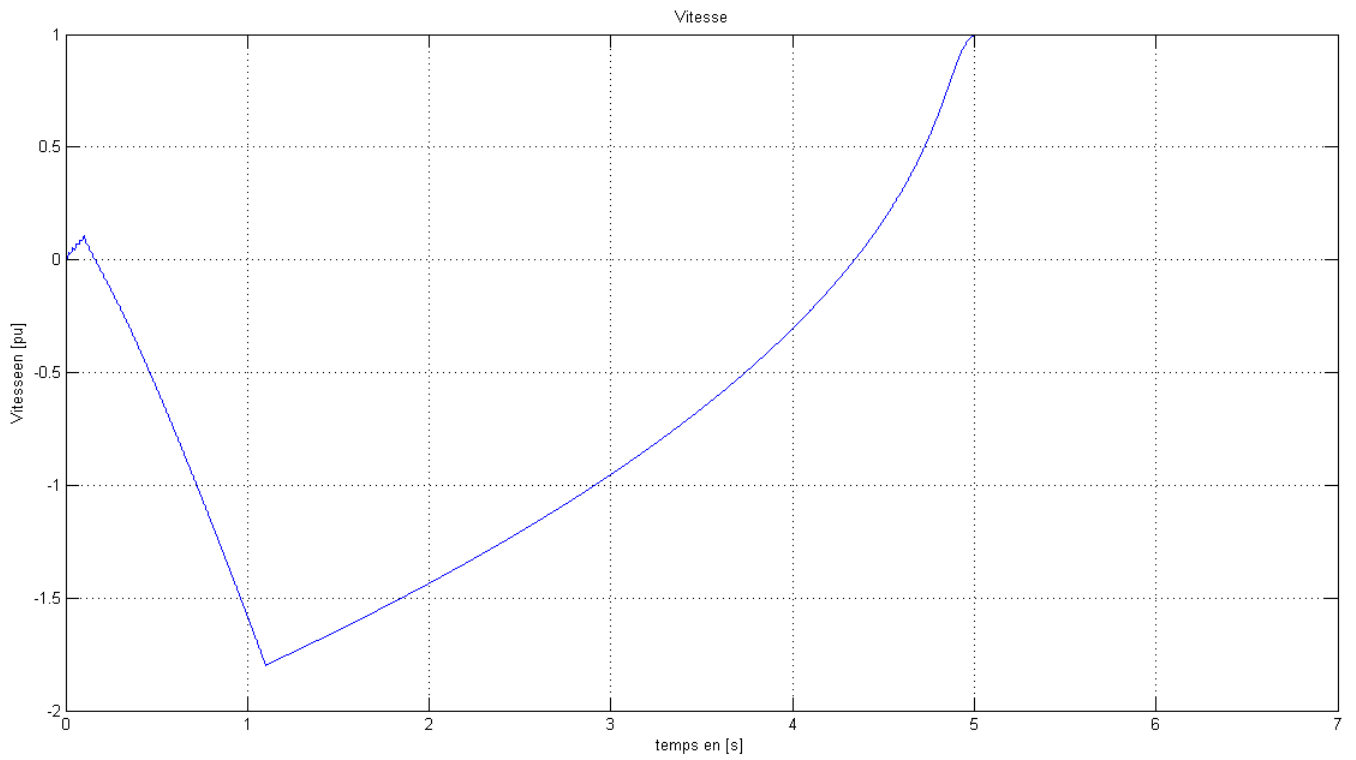


FIGURE 7.11 – Résultat de la simulation-Courbe :Vitesse (scénario 2)

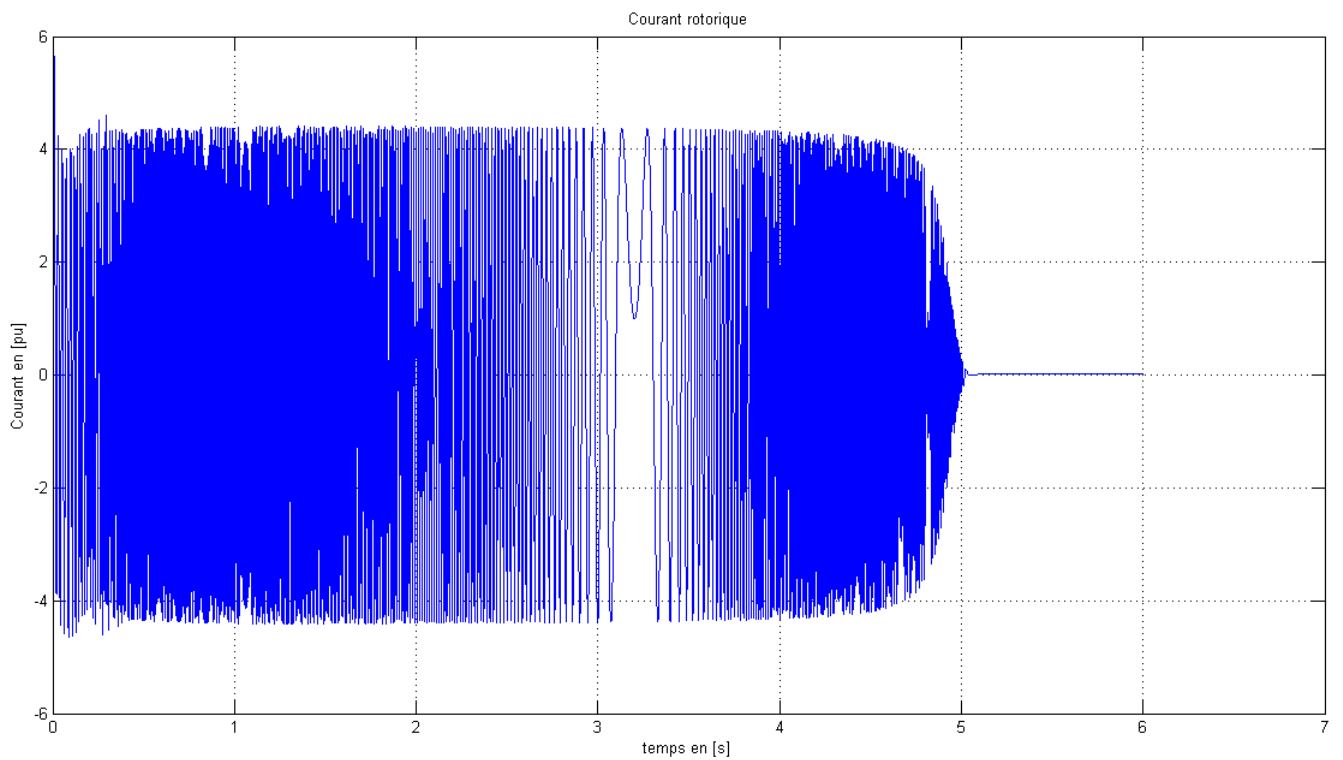


FIGURE 7.12 – Résultat de la simulation-Courbe :Courant statorique (scénario 2)

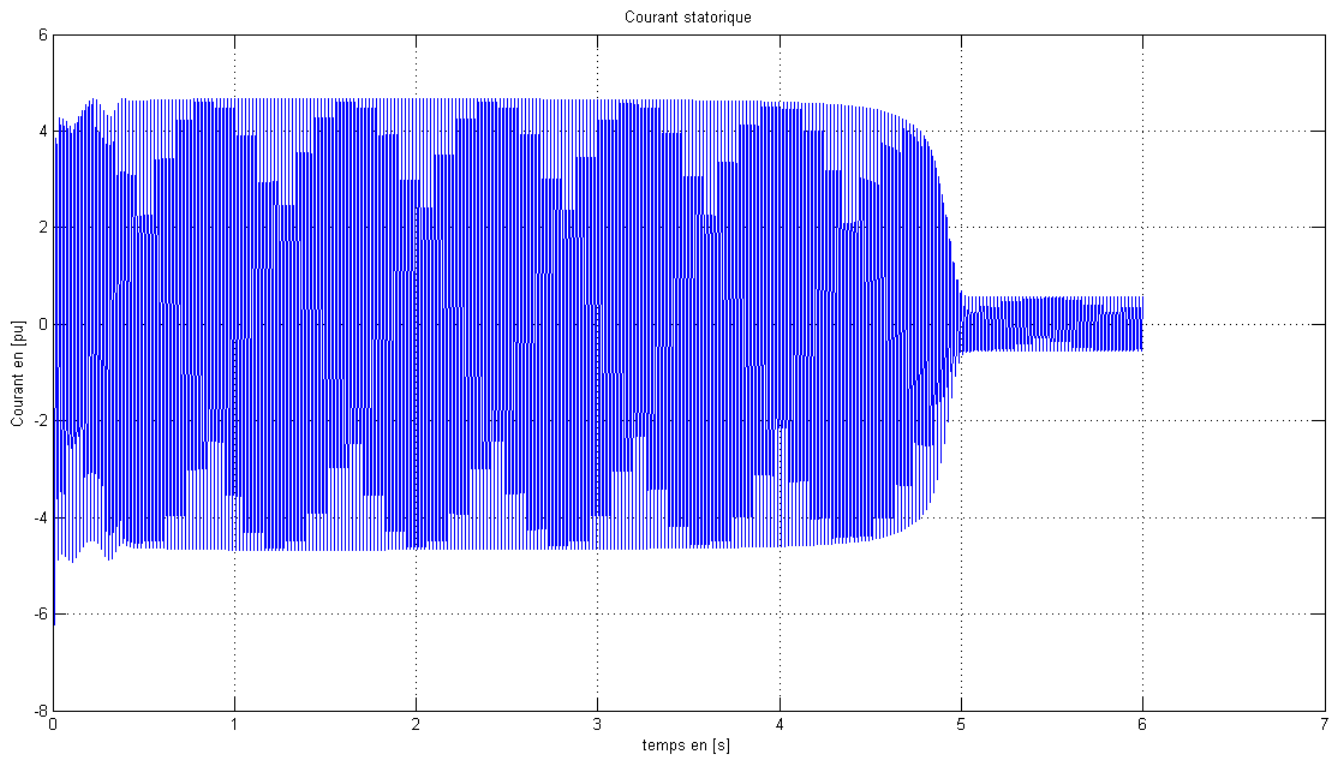


FIGURE 7.13 – Résultat de la simulation-Courbe :Courant rotorique (scénario 2)

### Supply

U1[V]= 220 phase1 en[Degré]= 0

U2[V]= 220 phase2 en[Degré]= 120 50

U3[V]= 220 phase3 en[Degré]= 240

Fréquence en[Hertz]

### Time

t\_init= 0 t\_dcpl = 3.1

t\_fin = 35 Pas\_calc= 0.001

t\_cpl = 0.1

### Nominal magnitude

U\_nom= 220

I\_nom= 25

### Parameters

Lsp[H] = 0.05 Lsn[H] = 0.00 Rs[Ohm]= 0.29

Lrp[H] = 0.05 Lrn[H] = 0.00 Rr[Ohm]= 0.38

Lsrp[H] = 0.047 Lsrn[H] = 0.00 J[kg/m2]= 0.5

Rfp[Ohm]= 0.00 Rfn[Ohm]= 0.00 p = 2

### Load

T\_frottement = -2

T\_contrage = -200

### Reference magnitude

U\_ref= 311.127

I\_ref= 35.3553

Z\_ref= 8.8

P\_ref= 33000

w\_ref= 314.159

T\_ref= 210.085

### Results

Unbalance ratio = 1.92584e-14 Computation time 15.1951

NEXT

CALCULATE

BACK

FIGURE 7.14 – Résultats de la simulation-Calcul (scénario 3)



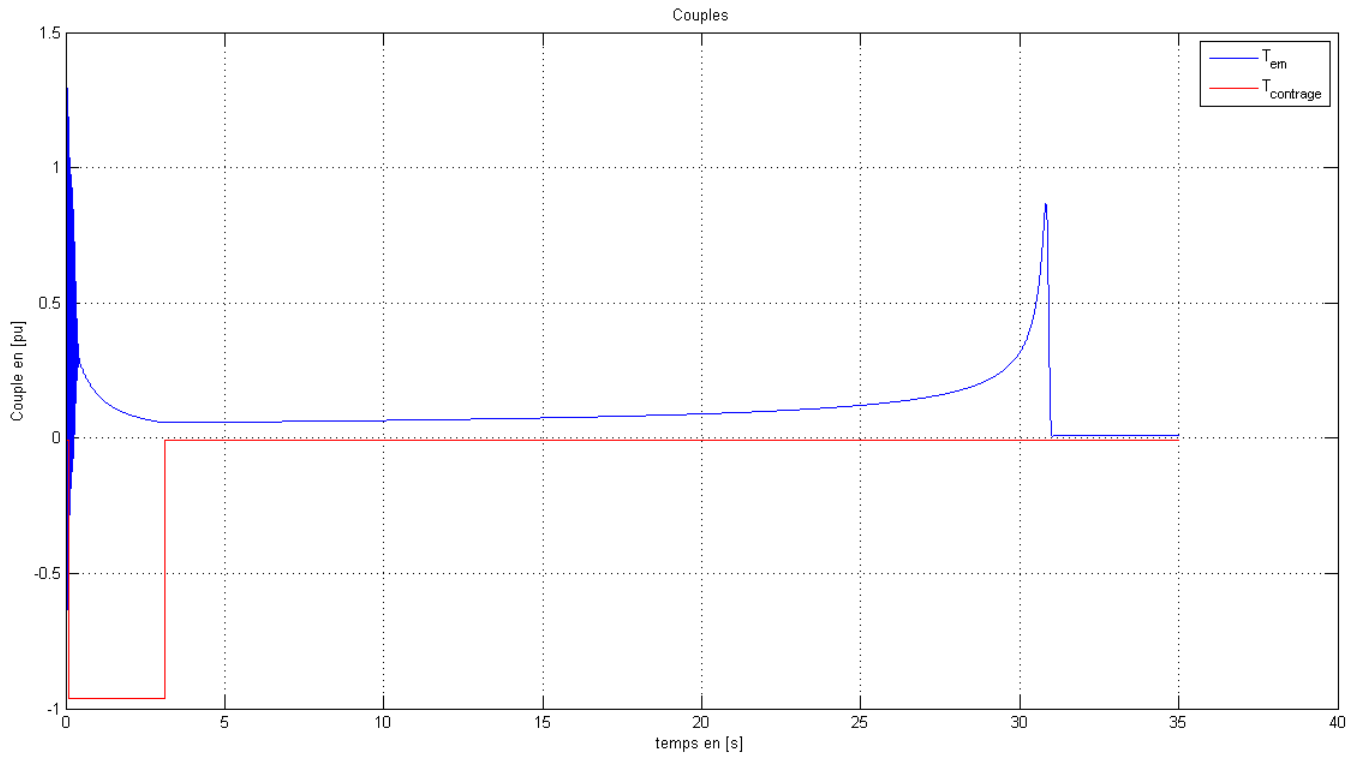


FIGURE 7.15 – Résultat de la simulation-Courbe :Couples (scénario 3)

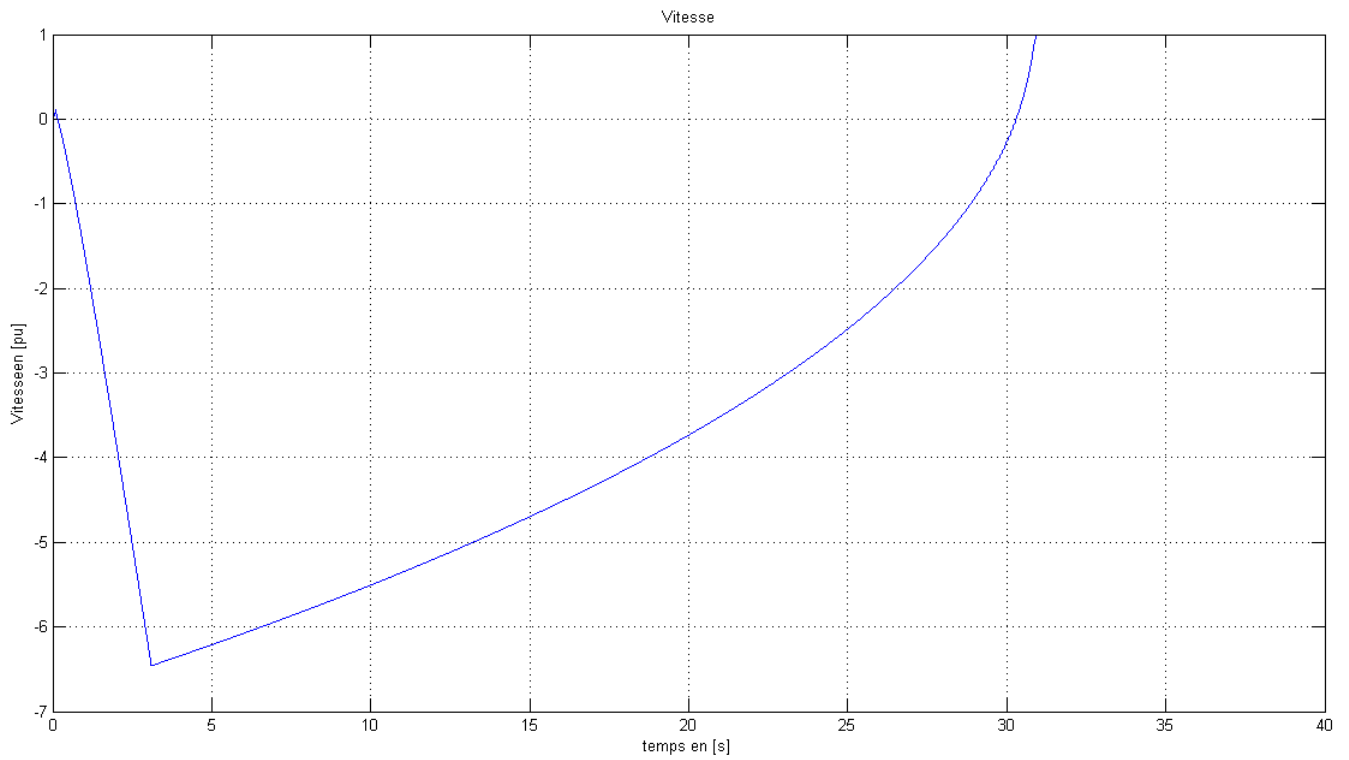


FIGURE 7.16 – Résultat de la simulation-Courbe :Vitesse (scénario 3)

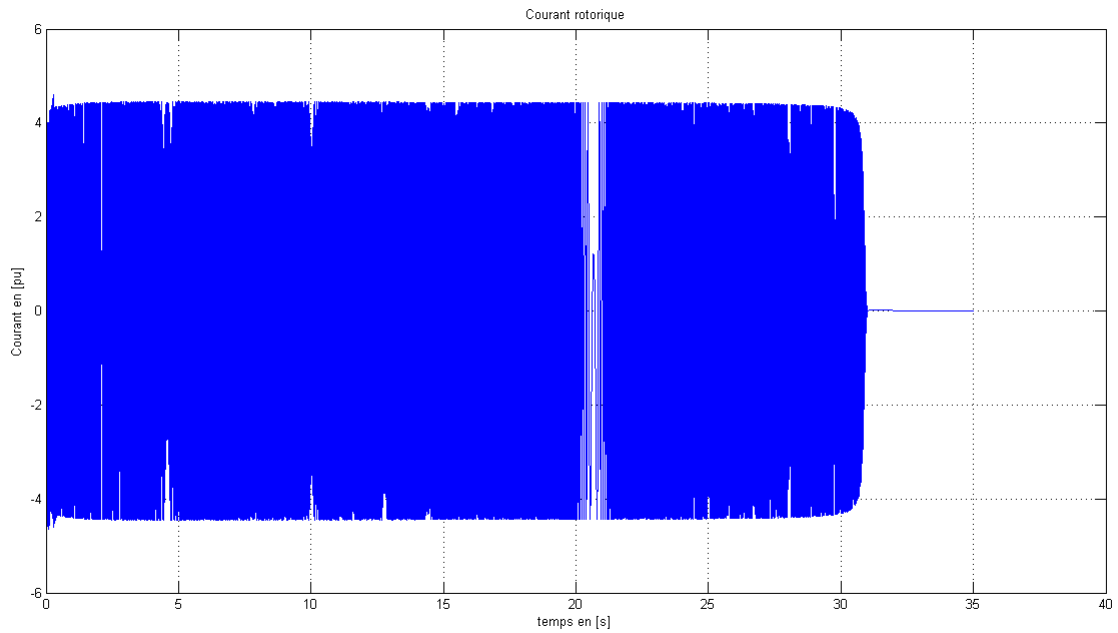


FIGURE 7.17 – Résultat de la simulation-Courbe :Courant statorique (scénario 3)

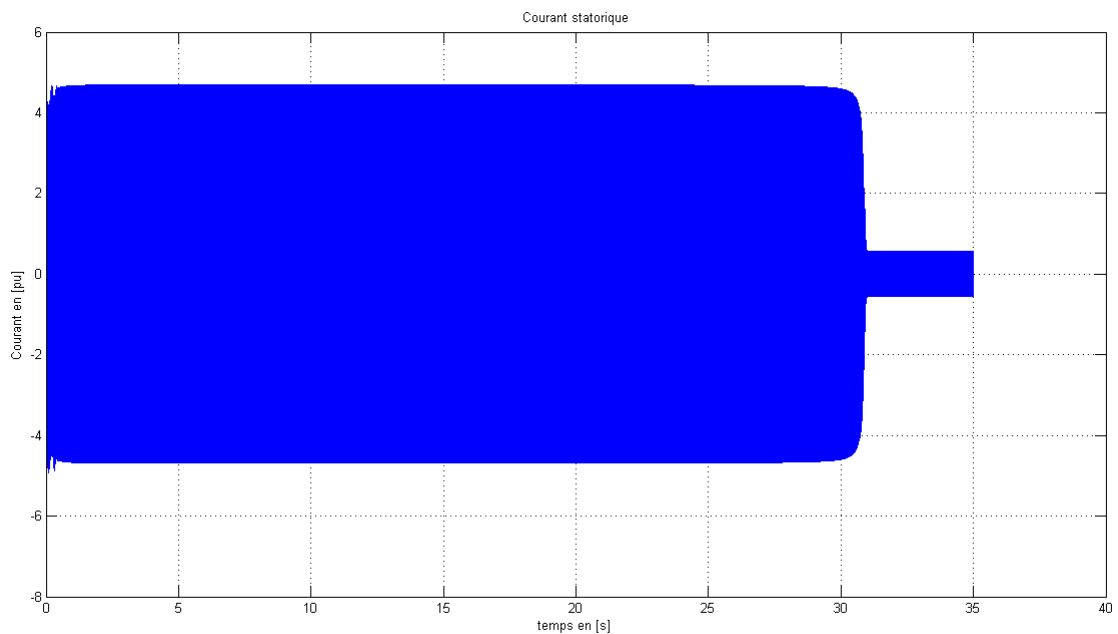


FIGURE 7.18 – Résultat de la simulation-Courbe :Courant statorique (scénario 3)

D'après les figure 7.9 à 7.18 on remarque que :

- Les amplitudes des courants (statorique et rotorique) restent les mêmes que dans la simulation du scénario 1 ;
- Les temps de démarrage dépendent de la durée de l'application de la charge extérieure.

Les interprétations du scénario 1 restent donc valables pour deux autres (scénario 2 et 3) mais des durées plus longues. Selon le résultat du scénario 3 (figure 7.14 à 7.18) et la (figure

7.1), cette situation est très néfaste pour le MAS triphasé concerné. Dans le cas du scénario 4, on applique un couple de  $-150[Nm]$  à partir de l'instant  $0,1[s]$ . On remarque que le moteur n'arrive plus à le vaincre et absorbe toujours des courants de fortes intensités. c'est un événement dangereux pour le moteur.

Si une charge extérieure est toujours appliquée au démarrage, les résultats sont présentés par la figure 7.19 et détaillé sur les figures 7.20, 7.21, 7.22 et 7.23.

The screenshot shows the LamsS simulation interface with the following sections:

- Supply:** U1[V]= 220, phase1 en[Degré]= 0; U2[V]= 220, phase2 en[Degré]= 120, Fréquence en[Hertz]= 50; U3[V]= 220, phase3 en[Degré]= 240.
- Time:** t\_init= 0, t\_dcpl = 1.5; t\_fin = 1.5, Pas\_calc= 0.001; t\_cpl = 0.
- Nominal magnitude:** U\_nom= 220, I\_nom= 25.
- Reference magnitude:** U\_ref= 311.127, I\_ref= 35.3553, Z\_ref= 8.8, P\_ref= 33000, w\_ref= 314.159, T\_ref= 210.085.
- Parameters:** Lsp[H]= 0.05, Lsn[H]= 0.00, Rs[Ohm]= 0.29; Lrp[H]= 0.05, Lrn[H]= 0.00, Rr[Ohm]= 0.38; Lsrp[H]= 0.047, Lsrm[H]= 0.000, J[kg/m2]= 0.5; Rfp[Ohm]= 0.00, Rfn[Ohm]= 0.00, p = 2.
- Load:** T\_frottement = -2, T\_contraige = -150.
- Results:** Unbalance ratio = 1.92584e-14, Computation time = 0.531313.

Buttons: NEXT, CALCULATE, BACK.

FIGURE 7.19 – Résultat de la simulation-Calcul (scénario 4)

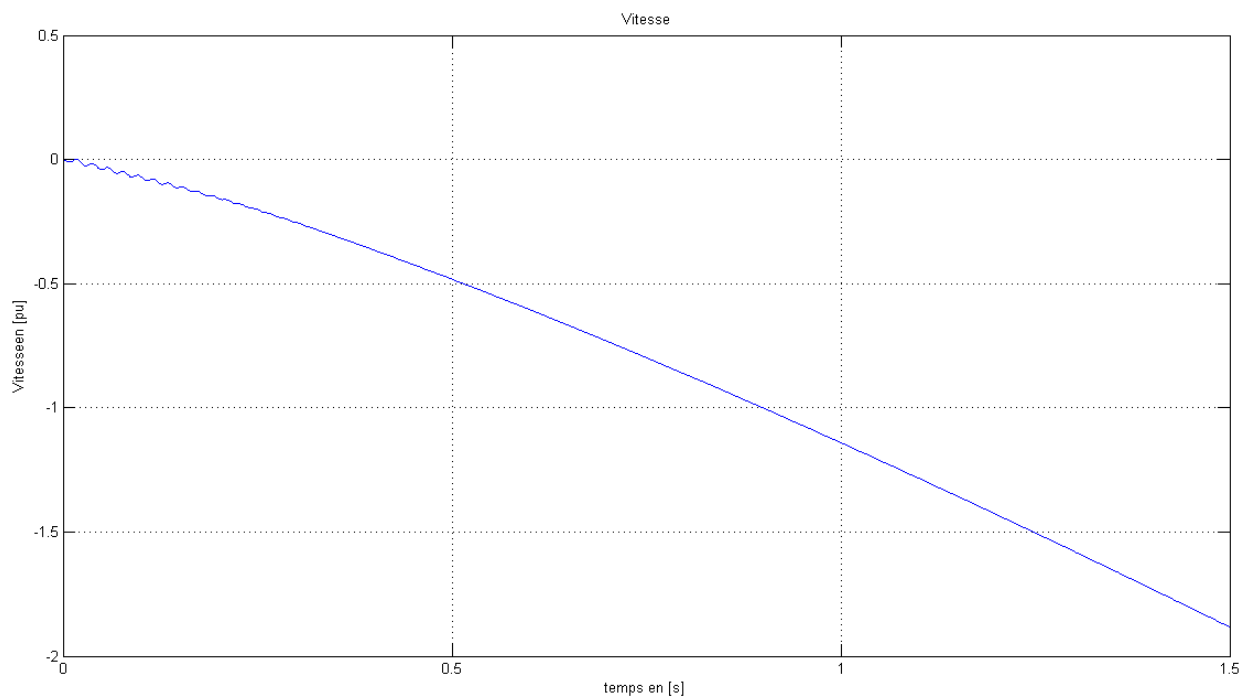


FIGURE 7.20 – Vitesse du MAS triphasé - Résultat de la simulation (scénario 4)

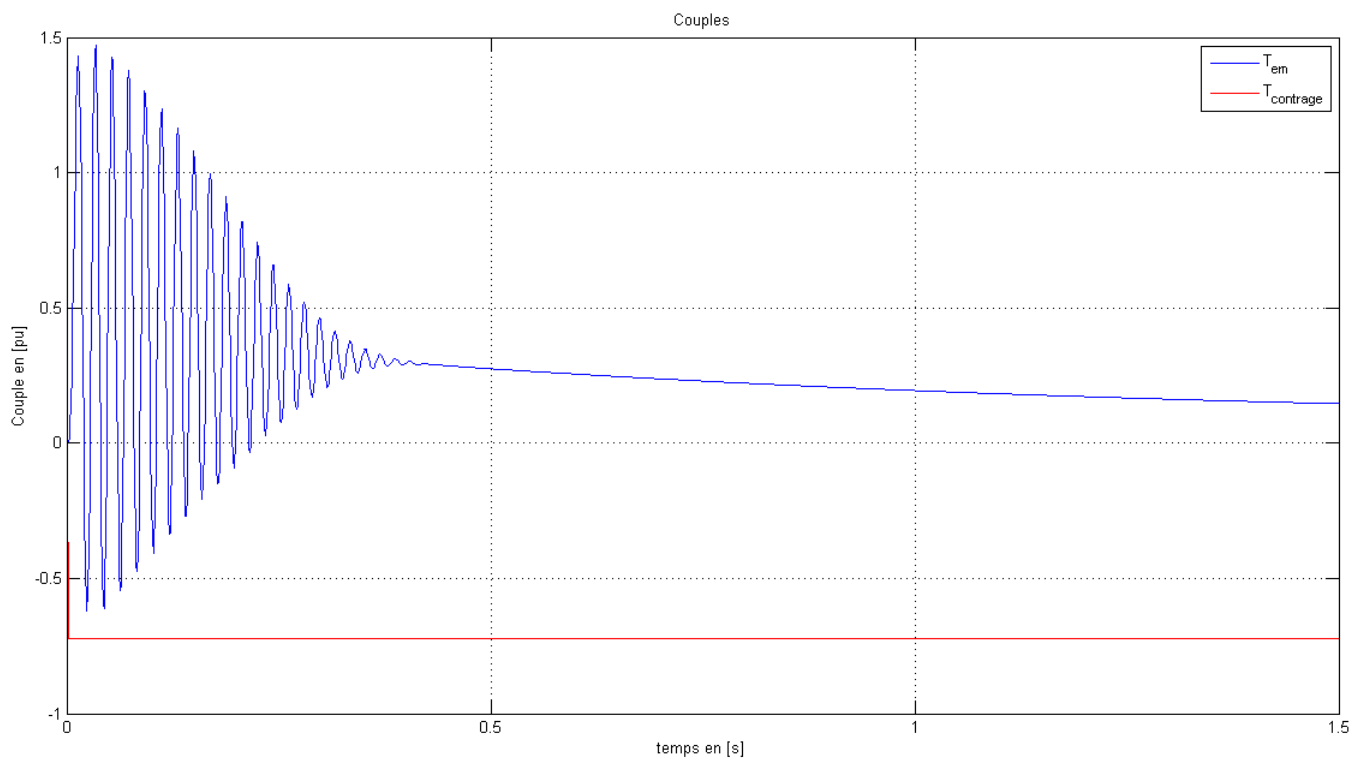


FIGURE 7.21 – Couples - Résultat de la simulation (scénario 4)

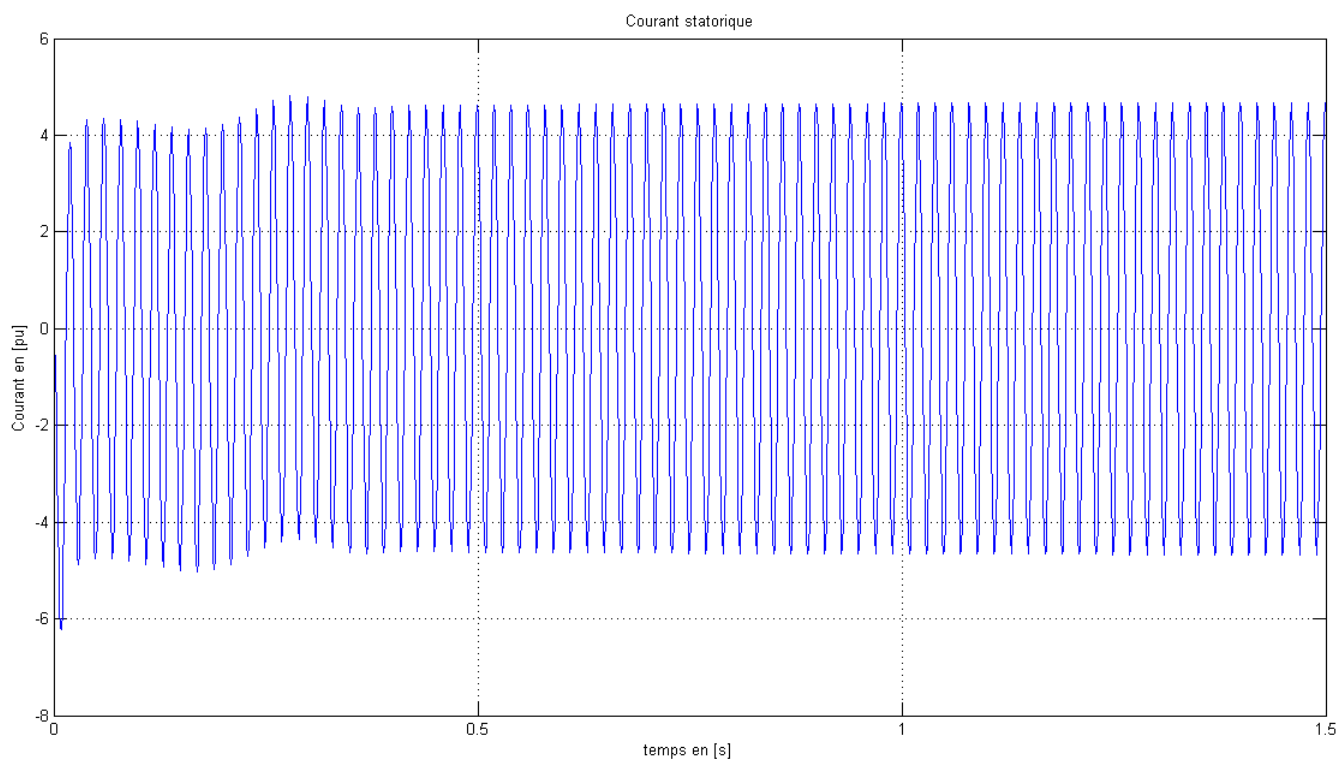


FIGURE 7.22 – Courant statorique - Résultats de la simulation (scénario 4)

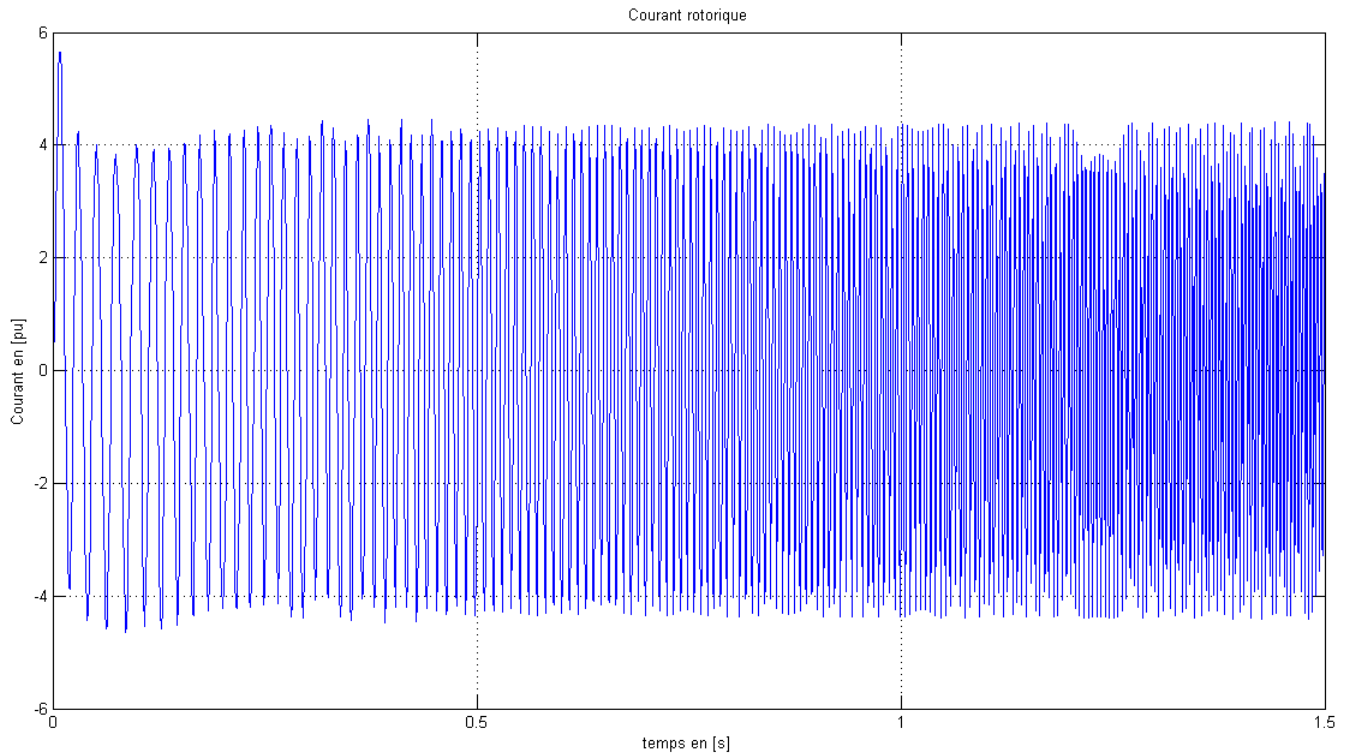


FIGURE 7.23 – Courant rotorique - Résultat de la simulation (scénario 4)

## 7.2 Quelques préventions et protections

### 7.2.1 Préventions

Pour éviter que des charges extérieures entraîne le rotor en sens inverse lors du démarrage, il faut :

- Installer ou améliorer les dispositifs de verrouillage ;
- Créer des dispositifs de sécurité qui ne laisse le moteur démarrer que si toutes les conditions favorables au démarrage sont remplies.

### 7.2.2 Protections

En cas de problème il faut :

- Un système de détection et de coupure qui intervient et coupe l'alimentation dans le cas où les intensité dépassent les normes ;
- Créer un système de freinage pour diminuer le couple extérieur afin de réduire son effet.

## 7.3 Impacts environnementaux

Comme tout projet, le présent travail aura avec ses activités d'exploitation des conséquences susceptibles d'être néfastes ou bénéfiques sur l'environnement. Loin de faire l'objet d'une vraie

étude d'impacts environnementaux, l'analyse, l'inventaire, le bilan et les mesures préconisées pour protéger l'environnement ne sont qu'une part de responsabilité et de devoir de tous les ingénieurs.

### 7.3.1 Impacts négatifs

#### Fuites de courant

D'une manière générale, le choc électrique causé par la machine en régime transitoire n'est autre qu'un effet physiopathologique résultant du passage d'un courant électrique à travers le corps humain. Son passage affecte essentiellement les fonctions circulatoires et respiratoires, et provoque presque toujours des brûlures. Dans le cas où la personne touche directement les conducteurs (phase ou neutre) sous tension (phénomène d'électrocution), où la totalité de courant de fuite traverse le corps humain, le courant traversant le corps influence non seulement la musculature du squelette, mais aussi celle du cœur (myocarde). Dans le cas de contact indirect, où seule une partie de courant de fuite traverse le corps humain, le courant corporel est fonction de la tension du contact et de la résistance corporelle.

#### Nuisances sonores

Les harmoniques du champ magnétique dans l'entrefer sont la source de nombreux bruits rayonnés et vibrations. Elles contribuent ainsi aux nuisances sonores et à la diminution de la fiabilité du système qui les emploie. La maîtrise de ces harmoniques est donc un point clé pour la réduction des bruits.

- Les effets nocifs du bruit sur l'homme :

Les bruits peuvent entraîner des modifications de nombreuses fonctions physiologiques. Les systèmes touchés sont les systèmes cardio-vasculaire, neuroendocrinien (modification de la sécrétions de certaines hormones liées au stress tels que l'adrénaline et la noradrénaline), santé mentale, digestif, respiratoire, oculaire et vestibulaire mais aussi les fonctions supérieures avec troubles du sommeil et perturbation de l'humeur.

- Mesure de bruit

L'intensité acoustique se mesure à l'aide d'un sonomètre et son niveau s'exprime en Bell, ou le plus utilisé en dixième de Bell ou décibel ( $dB$ ). Un niveau sonore de l'ordre de  $85[dB]$  est susceptible d'entraîner à la longue une atteinte de l'oreille. Les effets sonores causés par les régimes transitoires et déséquilibrés du moteur dépassent ce seuil de sécurité. D'où l'importance de mettre en place un programme technique ou organisationnel pour la réduction du bruit.

### 7.3.2 Impacts positifs

#### Avantages d'utilisation du moteur asynchrone

Concernant les sources des impacts positifs, le moteur asynchrone à cage est plus répandu dans l'industrie, il est robuste, fiable et économique. Il est également apprécié pour sa très bonne standardisation. Du point de vue économique ou plus précisément, du côté de la capacité de production, la puissance d'un moteur asynchrone va de quelques centaines de watts à plusieurs milliers de kilowatts, avec une vitesse relativement constante quand ils sont alimentés par un réseau à fréquence constante.

#### Domaines d'application du moteur asynchrone

Il est très utilisé dans les machines à laver, les ventilateurs de garage ou entrepôt, ascenseurs (électrique, en navigation fluviale, . . .). A la suite des trains à grande vitesse allemands, les TGV français sont maintenant motorisés à l'aide de ce type du moteur. D'autre part, de nombreuses applications technologiques ont pu être développées et réalisées dans le secteur industriel aussi varié que la production textile ou chimique, machine-outil et traction électrique ferroviaire ou automobile.