



# Modélisation d'un composant pour reproduire au plus près le comportement réel

publié le 24/04/2020 - mis à jour le 17/11/2020

Valider la modélisation d'un moteur par comparaison avec les données constructeur et/ou les mesures réelles

## Descriptif :

Le composant central d'une chaîne d'énergie reste encore, pour quelque temps, le moteur à courant continu. Il est donc important de trouver une méthode rapide, fiable et précise pour modéliser ce type de moteur.

## Sommaire :

- 1- Mise en situation
- 2- Premières adaptations du modèle du moteur
- 3- Validation du modèle du moteur, mise en situation sur un cas réel et exploitation des résultats
- 4- Vérifications des constantes de temps, importantes dans la stabilité d'un système bouclé
- 5- Documents ressources liés à cet article

Deuxième volet d'une série de 7 articles amenant à maîtriser la modélisation de composants de la chaîne d'énergie et de la chaîne d'information dans le but d'effectuer la simulation d'un asservissement numérique de position la plus précise possible afin que le comportement réel soit totalement prévisible.

Le composant central d'une chaîne d'énergie reste encore, pour quelque temps, le moteur à courant continu. Il est donc important de trouver une méthode rapide, fiable et précise pour modéliser ce type de moteur.

## ● 1- Mise en situation

▶ Le modèle ACAUSAL simplifié du moteur à courant continu, proposé dans Sinusphy, comporte tous les éléments nécessaires (R, L, K et J) pour réaliser la conversion d'énergie.

Toutefois, si l'on désire reproduire le comportement réel du moteur seul, il est nécessaire de faire intervenir les pertes mécaniques. La prise en compte des frottements visqueux (*proportionnels à la vitesse de rotation*) va permettre de retrouver, en régime permanent, toutes les données constructeur (*en particulier, la consommation à vide et le rendement nominal*) et obtenir une forme de courbe de rendement semblable à celle du constructeur.

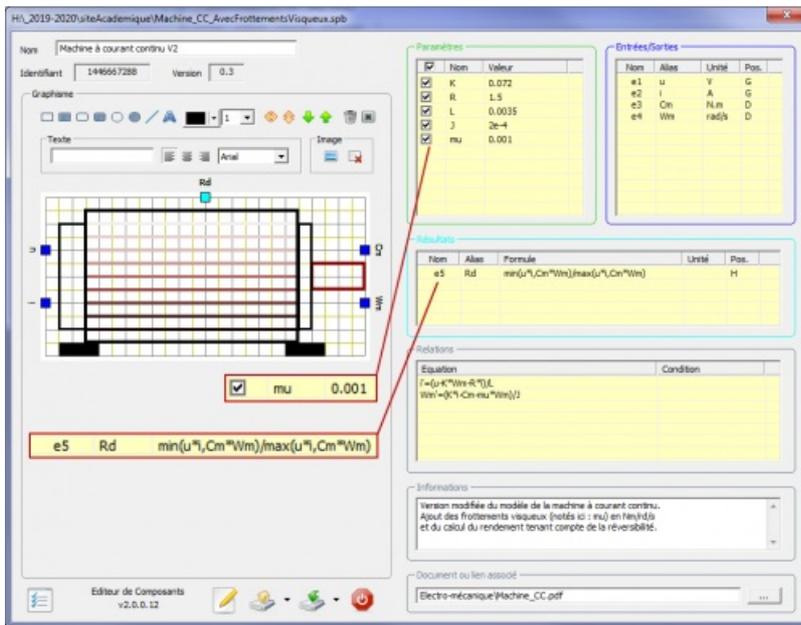
▶ Il faut définir un coefficient de frottements visqueux (en N.m/rd/s) car ceux-ci sont proportionnels à la vitesse de rotation.

▶ Ce coefficient de frottements visqueux intervient également sur la constante de temps mécanique. Il faudra déterminer la valeur de l'inertie afin d'obtenir une montée en vitesse réaliste si elle n'est pas documentée.

## ● 2- Premières adaptations du modèle du moteur

► Plutôt que de convertir le modèle du moteur à courant continu de la bibliothèque pour le modifier directement dans le schéma, nous allons utiliser ici l'éditeur de composants de Sinusphy afin d'avoir un composant réutilisable et diffusable (*fichier d'extension spb*).

► Il faut, pour



u (V)  
i (A)

<b>Nom</b>	Machine à courant continu
<b>Famille</b>	Élément de bibliothèque
<b>Identifiant</b>	1327066983
<b>Version</b>	0.3
<b>Document</b>	Machine_CC.pdf

Entrée	Alias	Unité
e1	u	V
e2	i	A
e3	Cm	N.m
e4	Wm	rad/s

Paramètre	Valeur
J	2e-4
K	0.072
R	1.5
L	0.0035

Relation	Condition
i'=(u-K*Wm-R*i)/L	
Wm'=(K*i-Cm)/J	

cela :

- Exécuter l'**Editeur de Composants** en tant qu'**administrateur**
- Modifier le nom du composant : **Machine à courant continu V2**
- Créer le coefficient **mu** avec une valeur par défaut : **0.001**
- Compléter l'équation du PFD : **Wm'=(K\*i-Cm-mu\*Wm)/J**
- Ajouter le calcul du rendement Rd **min(u\*i,Cm\*Wm)/max(u\*i,Cm\*Wm)**  
voire : **min(abs(u\*i),abs(Cm\*Wm))/max(abs(u\*i),abs(Cm\*Wm))**
- L'enregistrer sous un nouveau nom

### ● 3- Validation du modèle du moteur, mise en situation sur un cas réel et exploitation des résultats

► Avant de passer la commande du moto-réducteur, dont ils avaient la documentation constructeur, les élèves désiraient vérifier que les performances permettraient de satisfaire les critères du cahier des charges spécifique de leur projet (en particulier, l'évolution du couple disponible lorsque le moteur sera commandé à vitesse variable par un hacheur). Le moto-réducteur concerné, de référence : DSMP420-12-061-BF, est composé d'un moteur à courant continu de 12V et d'un réducteur à trois étages de réduction 1:61.

Sa documentation est ici :

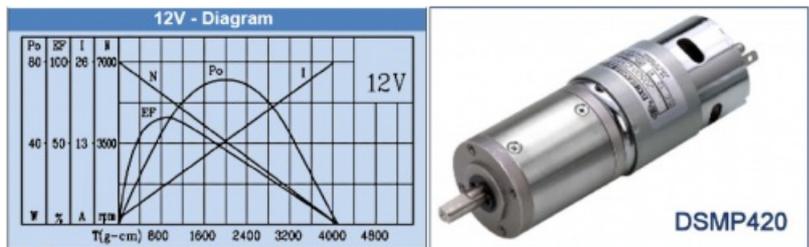
[planetarygearmotor\\_dsmp420](#) (PDF de 503.2 ko)

► Les principales caractéristiques du moteur lues dans un tableau

de la documentation sont :

- Tension nominale **Un = 12V**,
- Couple nominal : **Cn = 0,07 Nm**,

- Fréq. rot. nominale :  $N_n = 5700 \text{ tr/min}$ ,
- Intensité nominale :  $I_n < 5,5 \text{ A}$ ,
- Puissance nominale :  $P_n = 41,3 \text{ W}$ ,
- Fréq. rotation à vide :  $N_0 = 7000 \text{ tr/min}$ ,
- Intensité à vide :  $I_0 < 0,9 \text{ A}$

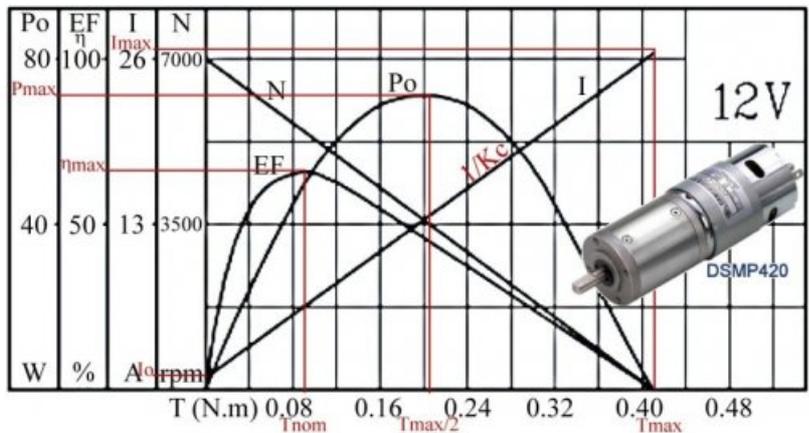


Additional technical data

Rated Voltage In V	Rated torque in gcm (Ncm)	Rated speed In rpm	Rated current in A	No load speed In rpm	No load current A	Rated output in W
12	700 (7.0)	5700	≤ 5.5	7000	≤ 0.9	41.3

► La lecture de la courbe permet d'extraire d'autres renseignements :

- Intensité maximale :  $I_{max} = 26,3 \text{ A}$ ,
- Puissance maximale :  $P_{max} = 75 \text{ W}$ ,
- Rendement maximal :  $R_{dmax} = 65 \%$ ,
- Intensité à vide :  $I_0 \approx 1,3 \text{ A}$ ,
- Couple maximal :  $T_{max} = 0,41 \text{ N.m}$



► On remarque une légère différence entre le positionnement du point nominal sur la courbe et les valeurs nominales fournies dans le tableau :

- Vitesse de rotation à vide :  $\omega_0 = 733 \text{ rd/s}$ ,
- Couple nominal :  $T_{nom} = 0,09 \text{ N.m}$ ,
- Vitesse de rotation nominale :  $\omega_n = 576 \text{ rd/s}$  (valeur lue sur la courbe),
- Intensité nominale :  $I_n = 6,5 \text{ A}$  (valeur lue sur la courbe) ,
- Puissance (meca) nominale :  $P_n = 50 \text{ W}$  (valeur lue sur la courbe)
- $R = 0.46 \text{ Ohm}$  ( $\approx 12 \text{ V nom} / 26,3 \text{ A max}$ )
- $KE = 0.0164 \text{ V/rds}$  ( $= 12 \text{ V nom} / 733 \text{ rd/s}$ )
- $KC = 0.0164 \text{ N.m/A}$  ( $= 0,41 \text{ N.m} / (26,3 \text{ A} - 1,3 \text{ A})$ )
- $\mu = 0.029 \text{ mN.m.s}$  ( $= 0,0164 \text{ Nm/A} * 1,3 \text{ A} / 733 \text{ rd/s}$ )
- $J = 1 \times 10^{-6} \text{ kg.m}^2$  (cste de temps =  $J/\mu \approx 34 \text{ ms}$ )
- $L = 2 \text{ mH}$  (cste de temps =  $L/R \approx 4 \text{ ms}$ )

► Le modèle du moteur est paramétré selon les valeurs précédentes et placé dans un schéma. La simulation permet de tracer automatiquement la courbe caractéristique du moteur ainsi modélisé en faisant varier le couple lorsque le moteur est alimenté à tension nominale.

► L'affichage des 5 courbes  $\omega$ ,  $I$ ,  $P_{elec}$ , rendement et  $P_{meca}$  en fonction du couple montre le passage du fonctionnement à vide ( $\omega_0 \approx 692 \text{ rd/s}$ ,  $I_0 \approx 1,3 \text{ A}$ ) au moteur bloqué ( $T_{max} \approx 0,41 \text{ N.m}$ ,  $I_{max} \approx 25 \text{ A}$ )

► Les résultats, obtenus par l'exploitation de ces courbes sont les suivants :

- **rendement maximum = 64,3 %**  
à rapprocher de  $R_{dmax} = 65 \%$ ,
- **Cnom = 0,076 N.m**  
dans l'intervalle  $[0,07 \text{ N.m}, 0,09 \text{ N.m}]$ ,
- **$\omega_{nom} = 570 \text{ rd/s}$**   
valeur proche de  $576 \text{ rd/s}$ ,
- **Pnom = 43.3 W**  
dans l'intervalle  $[41,3 \text{ W et } 50 \text{ W}]$ ,
- **Inom = 5,64 A**  
dans l'intervalle  $[5,5 \text{ A et } 6,5 \text{ A}]$ ,

- $C_{max} = 0,41 \text{ N.m}$ .

▶ Les écarts avec les données constructeur sont très faibles et il n'y a aucune valeur aberrante. Le modèle du moteur est donc validé sans problème et peut être inséré dans un schéma plus complexe.

▶ On peut remarquer qu'il est possible d'imposer des conditions initiales à l'une des entrées/sorties d'un composant, en utilisant une notation particulière (*nomVariable\_0*) : Ici, la vitesse de rotation initiale,  $W_m$  est imposée à la valeur de 690 rd/s, proche de la vitesse à vide, pour tracer, dans les meilleures conditions, les courbes caractéristiques en fonction du couple.

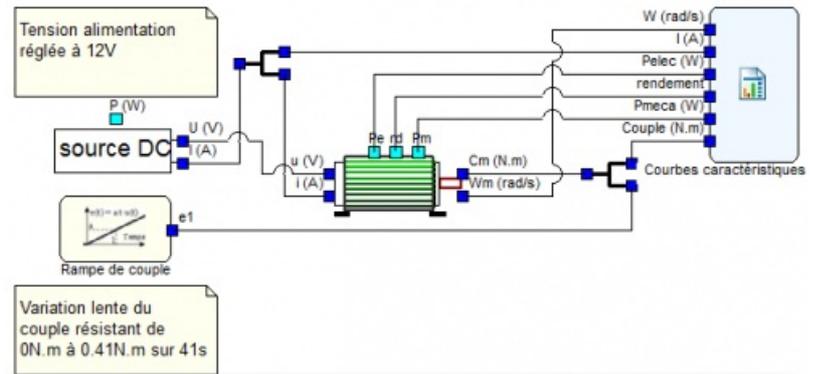
#### ● 4- Vérifications des constantes de temps, importantes dans la stabilité d'un système bouclé

- ▶ Lorsque le moteur est bloqué, seule la constante de temps électrique intervient.
- ▶ En générant un échelon de tension de 0 à 1 V (*soit une valeur suffisamment faible*) lorsque le moteur a son rotor bloqué, on visualise une montée du courant dont la forme est du premier ordre.
- ▶ On note la possibilité de comparer aux courbes théoriques (*pente à l'origine et seuil de 63% =  $1-1/e$* )

- $I_{final} = 2.17 \text{ A}$ ,
- $1,36 \text{ A} \approx 63\%$  de  $2,17 \text{ A}$ ,
- $1,36 \text{ A}$  obtenue en 4 ms,
- Pente à l'origine :  $2.17 \text{ A}$  en 4 ms

## Banc de test

Validation du modèle du moteur par comparaison avec les courbes constructeur à tension nominale



- Lorsque l'on commande le moteur à courant constant, il est possible de vérifier la constante de temps mécanique
- ▶ En générant un échelon de courant de 0 à 6 A (*soit environ  $I_{nominal}$* ) lorsque le moteur est relié à une charge correspondant aux conditions nominales (*soit  $0,08 \text{ N.m}$* ), on visualise une montée en vitesse dont la forme est du premier ordre.
- ▶ On note la possibilité de comparer aux courbes théoriques (*pente à l'origine et seuil de 63% =  $1-1/e$* )

- $\omega_{final} = 632 \text{ rd/s}$ ,

- 400 rd/s  $\approx$  63% de 632 A,
- 400 rd/s obtenue en 34 ms,
- Pente à l'origine : 400 rd/s en 34 ms
- 600 rd/s  $\approx$  95% de 632 rd/s,
- 600 rd/s obtenue en 3 x 34 ms

● 5- Documents ressources liés à cet article

Le fichier zip associé contient les copies d'écran en qualité d'origine, les fichiers de simulation et les modèles de composants.

<b>Nom</b>	Machine à courant continu complète V3		
<b>Famille</b>	Elément de bibliothèque		
<b>Identifiant</b>	1587644410		
<b>Version</b>	0.3		
<b>Document</b>	Machine_CC.pdf		

Entrée	Alias	Unité
e1	u	V
e2	i	A
e3	Cm	N.m
e4	Wm	rad/s

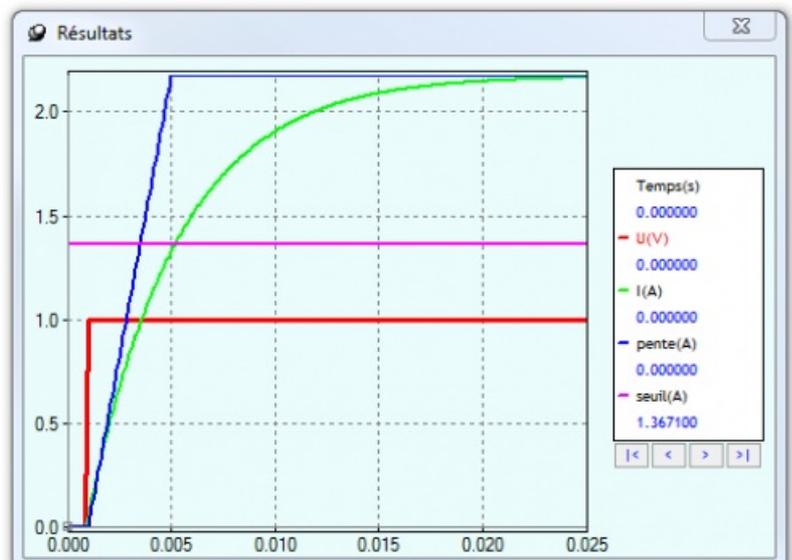
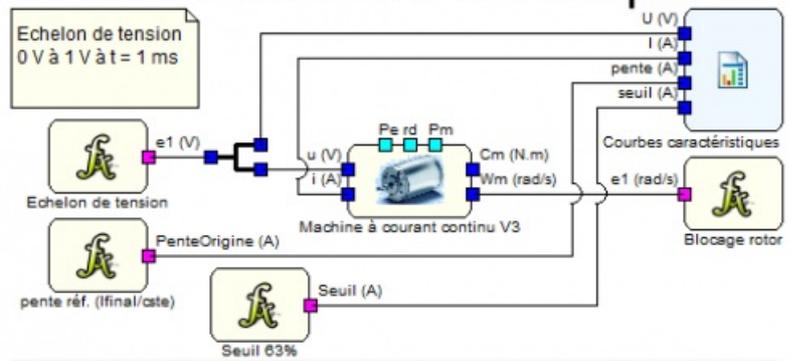
Paramètre	Valeur
K	0.0164
R	0.46
L	0.002
J	1e-6
mu	2.9e-5
Wm_0	690

Relation	Condition
$i' = (u - K * Wm - R * i) / L$	
$Wm' = (K * i - Cm - mu * Wm) / J$	

Résultat	Alias	Unité	Valeur
e5	Pe		$u * i$
e6	rd		$\min(u * i, Cm * Wm) / \max(u * i, Cm * Wm)$
e7	Pm		$Cm * Wm$

**Informations**  
 Modification du modèle de machine à courant continu  
 mu = coefficient de frottements visqueux en Nm/rd/s  
 Wm\_0 permet d'imposer la vitesse initiale (à t = 0)

## Test constante électrique



# Test démarrage moteur

