|  |
| --- |
| **MODÉLISATION ET ANALYSE MULTIPHYSIQUE EN SSI** |

**Distributeur automatique de savon**



|  |
| --- |
| **ACTIVITÉS ÉLÈVES** |

**Distributeur automatique de savon**

**Sommaire**

[1. MODÉLISATIONS 2](#_Toc445472837)

[1.1. Modélisation cinématique du mécanisme 2](#_Toc445472838)

[1.1.1. Schéma de principe du système bielle-manivelle 2](#_Toc445472839)

[1.1.2. Modélisation mathématique du système bielle-manivelle 2](#_Toc445472840)

[1.1.3. Modélisation cinématique de la transmission mécanique 2](#_Toc445472841)

[1.1.4. Modélisation mathématique de la cylindrée 3](#_Toc445472842)

[2. ACTIVITÉ 1 : MODÉLISATION DE LA CHAINE ÉNERGÉTIQUE 3](#_Toc445472843)

[3. ACTIVITÉ 2 : MODÉLISATION LOGICIELLE AVEC SCILAB 6](#_Toc445472844)

[3.1. Modélisation de l’alimentation moteur 6](#_Toc445472845)

[3.2. Modélisation du piston 8](#_Toc445472846)

[3.3. Modélisation du système bielle-excentrique (manivelle) 11](#_Toc445472847)

[3.4. Modélisation du système complet 12](#_Toc445472848)

[4. ACTIVITÉ 3 : Pour aller plus loin 13](#_Toc445472849)

1. MODÉLISATIONS

B

A

x

y

O

Bielle

Manivelle (roue excentrique) **3**

Piston **4**

θ(t)

y(t)

y(0)

Cylindre

* 1. Modélisation cinématique du mécanisme
     1. Schéma de principe du système bielle-manivelle

Longueur de bielle : AB = L

Course : H = 2∙OA

Mouvement d’entrée : θ(t) = ω3∙t

Mouvement de sortie : y(t) = v4∙t

Excentricité : OA = e

y(0) = 0, correspond à l’alignement de la bielle et de la manivelle (roue excentrique) tel que

* + 1. Modélisation mathématique du système bielle-manivelle

Loi entrée-sortie :

* + 1. Modélisation cinématique de la transmission mécanique

Roue excentrique

(manivelle) **3**

Pignon arbré **2**

Arbre moteur **1**

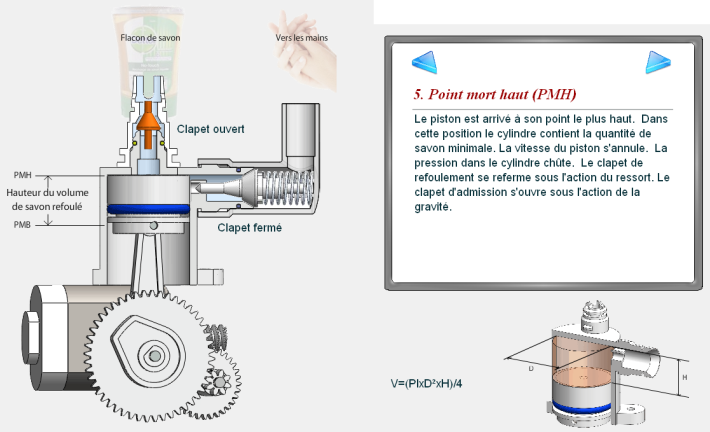
x

y

O

Loi entrée-sortie :

* + 1. Modélisation mathématique de la cylindrée

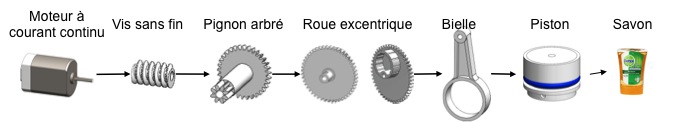


Diamètre Piston – Alésage : *D*

Course piston : *H*

Cylindrée : *V*

1. ACTIVITÉ 1 : MODÉLISATION DE LA CHAINE ÉNERGÉTIQUE



1. En vous aidant de la chaine d’énergie ci-dessus, **qualifier** les grandeurs physiques d’entrée et de sortie du doseur de savon (mécaniques, électriques, thermiques, acoustiques, lumineuses, etc.) en précisant les grandeurs mise en jeu (force, intensité, tension puissance, vitesse linéaire, fréquence de rotation, température, couple, flux lumineux, pression, etc)

Chaine d’énergie du Doseur de savon

***Mécanique de translation***

***F et V***

***Électrique***

***4,5 V continu***

Identifier la chaine d’énergie

1. **Qualifier** les grandeurs d’entrées et les grandeurs de sorties du système isolé encadré en **précisant** la nature de l’effort et la nature du flux voir définition Annexe 1.

Batterie

Transistor

MCC

Moteur à courant continu

Roue / vis sans fin

Engrenage

Embiellage / Piston

?

**U**

**I**

?

?

?

**v4**

**F**

Transmettre

Convertir

Distribuer

Alimenter

Distribuer du savon

Savon dans le réservoir

Dose délivrée

En décomposant le système isolé défini ci-dessus on obtient la chaine d’énergie ci-dessous :

*Avec :*

*Pour les différents flux :*

*- ωi : les vitesses de rotation des organes en rotations*

*- v4 : la vitesse de déplacement du piston en translation rectiligne en* ***④***

*Pour les grandeurs d’efforts :*

*- Ci : les différents couples*

*- F : l’effort de poussé du piston sur le fluide (savon liquide) en* ***④***

*ηi : les différents rendements*

*rij : les différents rapports de réduction entre i et j*

*Pi : la puissance aux différents stades*

*- P0 : puissance électrique absorbée par le moteur*

Moteur

Roue / vis sans fin

Engrenage

Embiellage / Piston

***C1***

***C2***

***ω2***

***ω1***

***C3***

***ω3***

***v4***

***F***

η4

η3

η2

η1

***U***

***I***

**⓪**

**①**

**②**

**③**

**④**

**P0**

**ηG**

**P4**

1. **Préciser** de la même manière, la nature de l’effort et du flux à chaque étape de la transformation de puissance sur les liens 0, 1, 2, 3 et 4 ci-dessus.
2. **Donner** l’expression de la puissance pour chaque lien, respecter les indices 0, 1, 2, 3, 4.

***P0 = U ∙ I ; P1 = C1 ∙ ω1 ; P2 = C2 ∙ ω2 ; P3 = C3 ∙ ω3 ; P4 = F ∙ v4***

1. **Donner** la relation entre P0 et P1 puis entre P1 et P2 puis P2 et P3 ainsi que P3 et P4.

***, , ,***

1. En utilisant les expressions précédentes, **donner** la relation entre P0 et P4.
2. Sur la chaine cinématique du système isolé ci-dessous encadré, **donner** la relation entre ω1 et ω2, et ω2 et ω3, on pourra l’**exprimer** en fonction des données de la transmission, voir § 4.1.4.

Roue / vis sans fin

r12

Engrenage r23

Embiellage / Piston

***ω*2**

***ω*1**

***ω*3**

***v4***

**①**

**②**

**③**

**④**

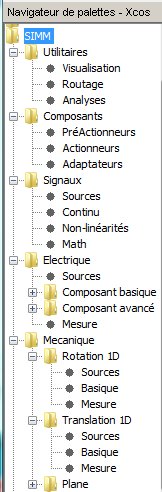
**r23**

***,***

1. En utilisant les expressions précédentes, **donner** la relation entre Ω1 et Ω3.
2. **Exprimer** η23 en fonction des grandeurs d’effort et de flux trouvé à la question 4.
3. **Décrire** la loi d’évolution du couple de sortie en fonction du rendement, du rapport de réduction et du couple d’entrée.

***=> Le couple de sortie est proportionnel au couple d’entrée, le coefficient de proportionnalité dépend du rendement et du rapport de réduction entre l’entrée et la sortie.***

1. ACTIVITÉ 2 : MODÉLISATION LOGICIELLE AVEC SCILAB



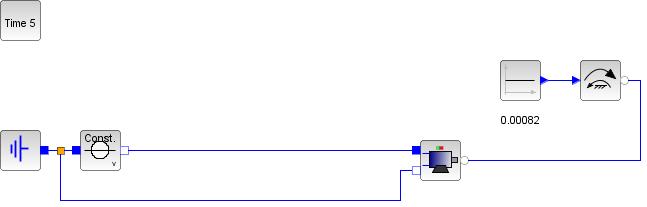
**Lancer** le logiciel de modélisation multiphysique Scilab .

Dans le menu « Applications », lancer Xcos. Dans le menu « Vue », afficher le « Navigateur de palettes » s’il n’apparait pas. Nous n’utiliserons ici que les blocs de la palette du module SIMM ci-contre.

La modélisation est constituée d’un diagramme constitué de blocs pris dans la bibliothèque par glisser-déposer vers la zone graphique du diagramme.

* 1. Modélisation de l’alimentation moteur

**Réaliser** la modélisation de l’alimentation du moteur du distributeur de savon ci-dessous, aidez vous des tutoriels vidéo joints, l’**enregistrer** sous « alimentation moteur.Xcos » dans vos documents.



Cette modélisation est constituée :

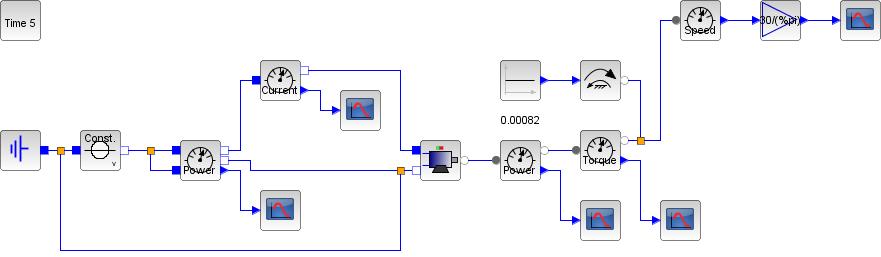
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Désignation* | *Symbole* | *Sous palettes SIMM* | *Paramétrage* |
| Potentiel zéro |  | SIMM/Electrique/Source/  MEAB\_Ground |  |
| Alimentation continue en tension |  | SIMM/Electrique/Source/  CEAS\_predfVoltage | Type de signal : 0  V : 4.5 V |
| Moteur à CC  Voir caractéristique § 4.1.2. du dossier technique |  | SIMM/Composant/Actionneurs/  MEMC\_DCmotor | R : 4.5  L : 0.03  k : 0.002817  Jrotor : 0.00000019 |
| Couple résistant |  | SIMM/Mecanique/Rotation 1D/Source/  CMRS\_Torque0 |  |
| Signal constant  Valeur du moment du couple résistant  Cr = 0.00082 N∙m |  | SIMM/Signaux/Sources/  MBS\_Constant | k : 0.00082 |

Ne pas oublier de faire le paramétrage en double cliquant sur les symboles.

**Lancer** la simulation , si la fenêtre « info » s’affiche, c’est qu’il n’y a pas d’erreur. Ok.

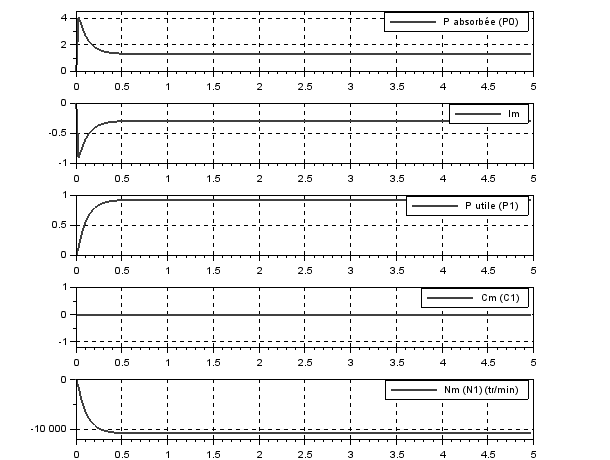
Pour visualiser les résultats de simulation, il faut mettre des capteurs.

**Insérer** les capteurs comme sur le diagramme ci-dessous en n’oubliant pas la base de temps .



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Désignation* | *Symbole* | *Sous palettes SIMM* | *Paramétrage* |
| Capteurs de puissance électrique absorbée *P0* |  | SIMM/Electrique/Mesure/  CEAS\_powerSensor |  |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  P absorbée (P0) |
| Capteurs de puissance utile *P1* |  | SIMM/Mecanique/Rotation 1D/Mesure/  CMRS\_PowerSensor |  |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  P utile (P1) |
| Capteur d’intensité moteur *Im* |  | SIMM/Electrique/Mesure/  MEAS\_CurrentSensor |  |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  Im |
| Capteur de couple moteur *C1* |  | SIMM/Mecanique/Rotation 1D/Mesure/  MMRS\_TorqueSensor |  |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  Cm (C1) |
| Capteur de vitesse de rotation arbre moteur *ω1* |  | SIMM/Mecanique/Rotation 1D/Mesure/  CMRS\_GenSensor | Vitesse : 1 |
| Gain : conversion d’unité radian∙s-1 en tr∙min-1 |  | SIMM/Signaux/Math/  MBM\_Gain | k : 30/(%pi) |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  Nm (N1) (tr/min) |
| Paramètres simulation : 5 s |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  IREP\_TEMP | Durée de simulation : 5 |

**Lancer** la simulation  : les courbes s’affichent :



**Enregistrer** votre travail.

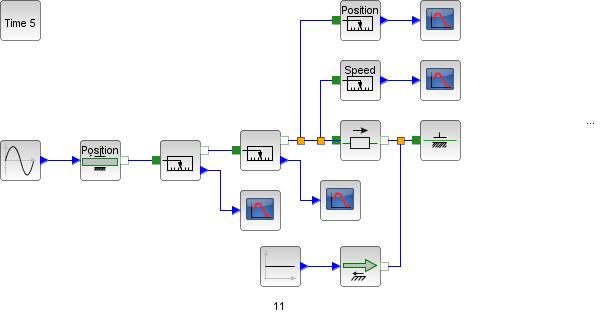
1. **Analyser** les courbes et les **commenter**.

***On s’aperçoit qu’au démarrage, il y a un pic d’intensité, de même pour la puissance absorbée, puis l’intensité se stabilise et devient quasiment constante au bout de 0,5 s ce qui correspond de 0 s à 0,5 s à une augmentation de la vitesse de rotation de l’arbre moteur (phase d’accélération).***

* 1. Modélisation du piston

**Créer** un nouveau diagramme, l’**enregistrer** sous « piston.Xcos » dans vos documents.

**Réaliser** la modélisation du piston du distributeur de savon ci-dessous.



|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Désignation* | *Symbole* | *Sous palettes SIMM* | *Paramétrage* |
| Signal sinusoïdal simulant un va et vient du piston en position |  | SIMM/Signaux/Sources/  MBM\_Sine | Amplitude : 0.0096  Fréquence : 1.5  Phase : 0  Décalage : 0.0048  Temps de décalage : 0 |
| Entrée en position en translation |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Sources/  CMTS\_ImposedKinematic |  |
| Mesure puissance en translation |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Mesure/  CMTS\_PowerSensor |  |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  P4 |
| Mesure de la force résistante |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Mesure/  CMTS\_ForceSensor |  |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  F4 |
| Piston : masse en translation |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Basique/  CMTC\_Mass | m : 0.002  longueur du solide : 0.009 |
| Piston libre |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Basique/  CMTC\_Free |  |
| Capteur de position du piston |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Mesure/  CMTS\_GenSensor | Position : 0 |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  y(t) |
| Capteur de vitesse linéaire du piston |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Mesure/  CMTS\_GenSensor | Vitesse : 1 |
| associé à un affichage |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  y’(t) = v4 |
| Effort résistant, force de frottement |  | SIMM/Mecanique/Translation 1D/Source/  CMTS\_Force0 |  |
| Signal constant  Valeur de l’effort résistant : 11 N |  | SIMM/Signaux/Sources/  MBS\_Constant | k : 11 |
| Paramètres simulation |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  IREP\_TEMP | Durée de simulation : 5 |

**Lancer** la simulation  : les courbes s’affichent :



**Enregistrer** votre travail.

1. **Analyser** les courbes et les **commenter**.

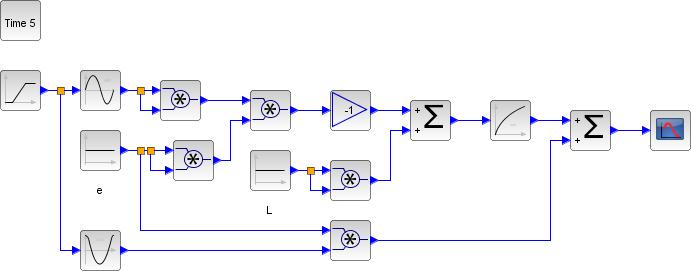
***On constate que dans cette modélisation il y a un déphasage entre la courbe de position et la courbe de vitesse, ce qui est normal. De plus le produit P = F∙V et respecté.***

* 1. Modélisation du système bielle-excentrique (manivelle)

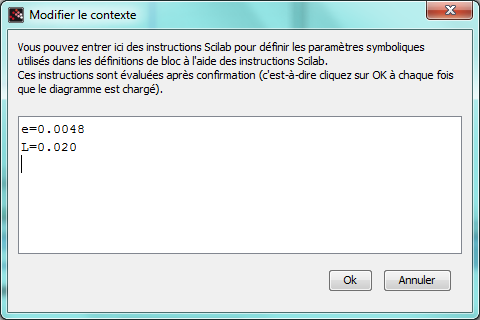
La loi entrée-sortie du système bielle 4 - excentrique (manivelle) 3 est donnée par la modélisation mathématique au § 1.1.2. issue de la géométrie des solides.

Rappel ci-dessous :

On peut traduire cette modélisation : équation dans Scilab, Xcos, par les blocs « Math », de la palette SIMM/Signaux :

****

**Crée**r un nouveau diagramme, l’**enregistrer** sous « bielle 4 - roue excentrique 3.Xcos  » dans vos documents.

**Réaliser** la modélisation du système bielle 4 - roue excentrique (manivelle) 3 ci-dessus en prenant soin de **définir** au préalable les variables paramétrées :

*e* : l’excentration et

*L* : la longueur de la bielle ;

pour ce faire : clic droit dans une zone du diagramme « Modifier le contexte »,

**taper** :

e=0.0048 , *puis à la ligne,*

L=0.020

Ok

Ces paramètres pourront être changés à volonté pour faire plusieurs essais de simulation en y accédant par clic droit dans une zone du diagramme « Modifier le contexte ».

On mettra en entrée un signal de type rampe et en sortie un affichage graphique :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Désignation* | *Symbole* | *Sous palettes SIMM* | *Paramétrage* |
| Signal croissant :  Valeur de la position angulaire de la roue excentrique θ(t) |  | SIMM/Signaux/Sources/  MBS\_Ramp | Amplitude : 2\*%pi  Durée : 2  Décalage : %pi/2  Temps de décalage : 0 |
| Affichage de la sortie sous forme de graphique fonction du temps |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  ISCOPE | Ok *puis*,  y(t) |
| Paramètres simulation |  | SIMM/Utilitaires/Visualisation/  IREP\_TEMP | Durée de simulation : 5 |

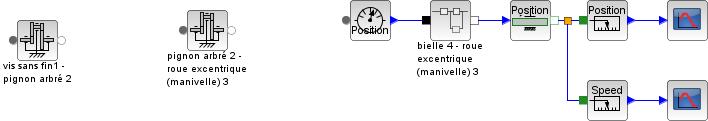
**Lancer** la simulation  : les courbes s’affichent.

1. **Vérifier** si les résultats obtenus sont conforme à ce que l’on peut s’attendre.

***Oui, il y a conformité.***

* 1. Modélisation du système complet

**Ouvrir** le fichier nommé « Distributeur de savon.Xcos », le système bielle 4 - roue excentrique (manivelle) 3 est déjà présent sous la forme d’un super bloc ainsi que deux blocs représentant les deux étages de réduction, le premier : vis sans fin (sortie moteur ω1) – pignon arbré 2, le deuxième : pignon arbré 2 - roue excentrique (manivelle) 3.

****

**Compéter** le paramétrage comme indiquer dans le tableau ci-dessous

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Désignation* | *Symbole* | *Sous palettes SIMM* | *Paramétrage* |
| Réduction de vitesse  - Vis sans fin (sortie moteur ω1) – Pignon arbré 2  - Pignon arbré 2, le deuxième : Pignon arbré 2 - Roue excentrique (manivelle) 3 |  |  | Rapport de transmission (entrée/sortie) :  *à* ***définir*** *d’après les caractéristiques fournies § 4.1.3. du dossier technique.* |

**Insérer** en copiant –collant la totalité des blocs de votre modélisation de l’alimentation moteur § 3.1.

**Raccorder** votre « alimentation moteur » aux éléments déjà présents.

**Rajouter** les capteurs nécessaires pour prélever le couple C2 et C3 ainsi que la fréquence de rotation « ω2 » exprimée en tr∙min-1 et « ω3 » exprimée en en tr∙s-1.

1. **Donner** vos courbes en les copiant-collant ci-dessous

***CORRIGÉ :***

******

1. **Interprétation** des courbes : au bout de combien de temps la première dose de savon sera complètement délivrée.

***Au bout de 1,6 s, lorsque le piston sera revenu à sa position de départ.***

1. **Comparer** la valeur trouvée à celle du cahier des charges (dossier technique). **Conclure** quant à la validité de la modélisation sur le critère de temps.

***Sachant que le système démarre à chaque fois que l’utilisateur le sollicite, le régime permanant ne sera jamais atteint car au bout d’un aller retour du piston la dose de savon est délivrée, dans ces conditions le temps de la simulation de 1,6 s est inférieur au 2,5 s du cahier des charge.***

***On peut en conclure que la modélisation est valable sur ce critère.***

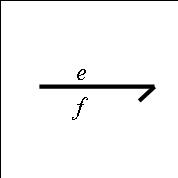
1. ACTIVITÉ 3 : Pour aller plus loin

**Modéliser** le volume de savon délivré en fonction de la course du piston 4.

**Modélisation multi-physique Annexe 1**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Domaine** | **Effort (e)** | **Flux (f)** | **Déplacement (q)** |
| **Électrique** | Tension (V) | Courant (A) | Charge (C) |
| **Mécanique en translation** | Effort (N) | Vitesse (m⋅s-1) | Déplacement (m) |
| **Mécanique en rotation** | Couple (N⋅m) | Vitesse (rad⋅s-1) | Angle (rad) |
| **Hydraulique** | Pression (Pa) | Débit volumique (m3⋅s-1) | Volume (m3) |
| **Magnétique** | Force magnéto-motrice (A) | Dérivée flux (V) | Flux (Wb) |
| **Chimique** | Potentiel Chimique (J⋅mol-1) | Flux molaire (mol⋅s-1) | Quantité de matière (mol) |
| **Thermodynamique** | Température (K) | Flux entropique (W⋅K-1) | Entropie (J⋅K-1) |
| **Acoustique** | Pression (Pa) | Débit acoustique (m3⋅s-1) | Volume (m3) |

Représentation ***bond graph*** : représentation graphique d'un système dynamique physique (mécanique, électrique, hydraulique, pneumatique, etc.) qui représente les transferts d'énergie dans le système.

****

**Lien de puissance**

Cet élément permet de symboliser les transferts d'énergie entre 2 sous-ensembles. Il est représenté comme suit :

On peut remarquer deux éléments sur cette liaison.

* La lettre *e* représente la composante effort de la liaison.
* La lettre *f* représente la composante flux de la liaison.
* La multiplication de ces deux termes doit donner la puissance qui transite par la liaison. Cet élément est orienté dans le sens où la puissance est positive