

Manuel de l'utilisateur

www.simapp.com Version 2.6

SimApp

pour Windows 2000/XP/Vista

Version française traduite par Michel Huguet professeur en Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles (PCSI) au Lycée Jacques Amyot d'Auxerre

Licence et garantie

Le logiciel «SimApp» disponible sous licences «Light», «Workstation» et «Server» est la propriété de l'entreprise **Buesser Engineering** ou des ses distributeurs. Il est protégé par des lois nationales et des contrats internationaux sur les droits d'auteur. Avec l'adoption des conditions de licence, vous recevez l'autorisation d'utiliser le logiciel. Sans accord additionnel spécifique associé à la licence, l'utilisation du logiciel est soumise aux dispositions suivantes :

Termes de la licence

L'autorisation d'utilisation des éditions «SimApp Light» et «SimApp Workstation» est limitée à l'utilisation sur un seul poste de travail, indépendamment du fait qu'il s'agisse d'un poste travaillant en réseau ou d'un poste isolé. Si le client désire utiliser simultanément ces éditions sur plusieurs postes de travail, il doit acquérir un nombre correspondant de licences sous forme de versions intégrales (version complètes) (support de données et manuel) ou sous forme de licences additives (droit visant la multiplication du logiciel sans acquisition de supports de données et/ou manuels supplémentaires), par lesquelles des droits supplémentaires lui sont accordés visant la multiplication.

La licence associée à l'utilisation de l'édition «SimApp Server» en réseau informatique de toute nature donne le droit d'installation une fois sur le serveur du réseau et de le charger dans la mémoire des postes clients dans la limite du nombre de postes autorisés par la licence. La mise en œuvre du logiciel dans plusieurs réseaux n'est pas autorisée tant que les licences nécessaires n'ont pas été acquises.

Si l'acquéreur change de matériel sur lequel il utilise le logiciel sous licence, il doit l'effacer de la mémoire de masse. Stocker ou utiliser simultanément le logiciel sur plusieurs ordinateurs est interdit.

Pour chaque licence acquise la duplication en un seul exemplaire est autorisée (close de garantie)

Il est interdit à l'acquéreur, par quelque méthode que se soit, d'essayer d'accéder au code source du logiciel (désassemblage, etc...), de le modifier, le traduire ou d'en créer des produits dérivés.

Le logiciel peut être cédé à un tiers à condition que celui-ci soit transmis complètement (support numérique et manuel originaux) et à condition que des copies ne soient pas gardées par le cédant.

Il est interdit de louer, de mettre en leasing ou de diffuser commercialement le logiciel à partir d'un poste hôte personnel

L'utilisation de la documentation et de l'aide est réservée à une utilisation interne non commerciale. Il est possible d'insérer dans votre propre documentation ou vos publications des créations réalisées avec SimApp (par exemple : des schémas blocs, des diagrammes temporels ou fréquentiels) à condition que vous fassiez référence de manière explicite à SimApp (R).

Garantie

Buesser Engineering garantit que les médias physiques et la documentation sont exempts de défauts matériels et logiciels dans le cadre d'une utilisation normale sous 60 jours à partir de la date de livraison.

Si le logiciel sous garantie venait à être défectueux, le client a droit au remplacement après retour du produit pendant la période de garantie.

Le logiciel est fourni TEL QUEL sans garantie. En aucun cas Buesser Engineering garantit que le logiciel est totalement exempt d'erreurs ou que le client utilisera toujours le logiciel sans rencontrer de problèmes ou d'interruptions. D'autre part en raison du développement continu des nouvelles techniques d'intrusions et d'attaques des réseaux, Buesser Engineering ne peut garantir que le logiciel ou tout autre équipement, système ou réseau utilisé par SimApp seront invulnérables aux diverses attaques et intrusions.

Limitation de la responsabilité

En aucun cas **Buesser Engineering** ne sera tenu pour responsable de dommages, de pertes indirectes, fortuites et spéciales consécutives à l'utilisation présente et future du logiciel, y compris, les bénéfices perdus, l'incapacité d'utiliser l'équipement ou l'impossibilité d'accéder à des données et ceci sans limitation.

Manuel de l'utilisateur

SimApp

Version 2.6

pour Windows 2000/XP/Vista

Ce manuel et le logiciel de SimApp inclus sont protégés par copyright. Tous les droits sont réservés.

La copie ou la reproduction de ce manuel sont autorisées si elles sont complètes (y compris ce rapport de copyright) et sans modification. La copie ou la reproduction en parties sont interdites.

Toutes réclamations à l'encontre de **Buesser Engineering** en dehors des termes de la garantie et après écoulement de la période de cette même garantie ne sont pas recevables. Spécifiquement **Buesser Engineering** désengage sa responsabilité vis-à-vis de la validité du contenu de ce manuel. **Buesser Engineering** se réserve le droit d'apporter des changements au logiciel.

Toutes les marques déposées sont appelées exclusivement pour information.

Edition 03/2009

Copyright © 1998-2009 by **Buesser Engineering**

TABLE DES MATIERES

1.	Introduction	1
1.1	Qu'est ce que SimApp ?	1
1.2	A qui s'adresse SimApp ?	1
1.3	Utilisation de l'aide	1
1.3.1	Lancer l'aide en ligne	1
1.3.2	Aide contextuelle	2
1.4	Support technique	2
2.	Installation	3
2.1	Limites d'utilisation de la licence	3
2.2	Matériel requis	3
2.3	Installation	3
2.3.1	Téléchargement par Internet	3
2.3.2	CD	3
3.	Fenêtre principale de SimApp	4
3.1	Aperçu	4
3.2	Menus	4
3.2.1	Menu principal	4
3.2.2	Menus contextuels (pop-up)	4
3.3	Barres d'outils et de contrôles	4
3.3.1	Barre d'outils fichier	4
3.3.2	Palette	5
3.3.3	Barres d'outils mobiles	5
3.3.4	Barres d'outils bibliothèque	5
3.4	Barre de statut	5
3.5	Fenêtre d'erreurs	5
4.	Exemple d'initiation	6
4.1	Lancement SimApp	6
4.2	Vues et organisation de la page	6
4.3	Modélisation du système	6
4.3.1	Du système réel au schéma fonctionnel	6
4.3.2	Liaisons entre objets	7
4.3.3	Modifier les paramètres de blocs	7
4.4	Simulations	8
4.4.1	Simulation temporelle	8
4.4.2	Simulation fréquentielle	9
4.4.3	Fenêtre « liste des simulations »	10
5.	Fonctions graphiques	11
5.1	Introduction	11
5.2	Objets Graphiques	11
5.2.1	Lignes	11
5.2.2	Rectangles et carrés	11
5.2.3	Formes rectangulaires à coins arrondis	11
5.2.4	Ellipses et cercles	11
5.2.5	Polylignes	11
5.2.6	Polygones	12
5.2.7	Ligne de commande :	12
5.2.8	Texte	12
5.2.9	Images	13
5.2.10	Flèche	13
5.3	Format graphique des objets	13
5.3.1	Barre d'outils Format	14
5.3.2	Propriétés du format	14
5.3.3	Format par défaut	15
5.4	Modifications et repositionnement des objets	15
5.4.1	Basculer et pivoter les objets	15
5.4.2	Empilage d'objets	15
5.4.3	Objets attachés à la grille	15
5.4.4	Regroupement d'objets	16
5.5	Touches auxiliaires importantes	16

6.	Objets de simulation	17
6.1	Description	17
6.2	Objets associés à la connexion.....	17
6.2.1	Addition, soustraction et inversion.....	18
6.2.2	Branche de prélèvement	18
6.3	Edition rapide	19
6.3.1	Éditer les titres de bloc	19
6.3.2	Modifier les paramètres.....	19
6.4	Propriétés associées au bloc	19
6.4.1	Propriétés de paramètres.....	19
6.4.2	Unités	20
6.4.3	Options.....	20
6.4.4	Étiquettes d'objets et de lignes.....	20
7.	Simulation fréquentielle	22
7.1	Modéliser le système	22
7.2	Sondes fréquentielles.....	22
7.3	Options de la simulation fréquentielle	23
7.4	Démarrer la simulation fréquentielle	24
7.5	Résultats	24
7.5.1	Diagrammes	24
7.5.2	Effets spéciaux	25
7.5.3	Valeurs propres (pôles)	26
7.5.4	Table de données.....	26
7.5.5	Rapport	27
8.	Simulation temporelle	28
8.1	Modéliser le système	28
8.2	Insertion des signaux d'entrée (sources) et utilisation des sondes temporelles.....	28
8.3	Grouper les sources.....	29
8.4	Remarques relatives à la simulation temporelle	30
8.5	Graphiques en XY.....	30
8.6	Options de la simulation temporelle.....	31
8.7	Démarrer la simulation temporelle	33
8.8	Résultats	33
8.8.1	Diagramme temporel.....	33
8.8.2	Tables de données.....	33
8.8.3	Rapport	34
8.9	Exemples de simulation temporelle	34
8.9.1	Solutions numériques des équations différentielles.....	34
9.	Variation des paramètres.....	36
9.1	Propriétés associées aux séries de paramètres	36
9.1.1	Boîte de dialogue propriété de bloc.....	36
9.1.2	Table d'entrée pour les valeurs de paramètres variables	37
9.1.3	Propriétés de la simulation	37
9.2	Démarrer avec la variation de paramètres.....	37
10.	Blocs personnalisés.....	39
10.1	Créer des blocs par sélection.....	39
10.2	Créer des blocs par l' <i>Atelier de bloc</i>	40
10.2.1	Exemple	40
10.2.2	Sommaire	43
10.2.3	Relations entre l'onglet <i>Symbole</i> et l'onglet <i>Structure</i>	43
10.2.4	Table de paramètres	43
10.2.5	Saisie du système	44
10.2.6	Editeur de formules	44
10.2.7	Essai du système intérieur	45
10.2.8	Insertion des Bornes et des noeuds de bloc	45
10.2.9	Concevoir des symboles de bloc.....	45
10.2.10	Assemblage des parties <i>Système</i> et <i>Symbole</i> (exportation)	46
10.2.11	Utilisation et sauvegarde des blocs	46
10.2.12	Révision de bloc	46
10.2.13	Plus de remarques sur la conception des blocs personnalisés	46
11.	Palette	47

11.1	Créer, supprimer et renommer des pages	47
11.2	Déplacer les pages et les objets	47
11.3	Stockage d'objets dans la palette.....	47
11.3.1	Stockage d'objets issus de schémas.....	47
11.3.2	Stockage d'objets issus de bibliothèques	47
11.4	Traiter les boutons de la palette	48
11.4.1	Propriétés des boutons de la palette	48
11.4.2	Concevoir des images de bouton avec Paint de Microsoft	48
11.5	Chargement, sauvegarde et restauration.....	49
12.	Bibliothèques	50
12.1	Exemple.....	50
13.	Catalogue des éléments standard	51
13.1	Sources.....	51
13.1.1	Constante.....	51
13.1.2	Rampe.....	52
13.1.3	Echelon	52
13.1.4	Oscillateur	52
13.1.5	Impulsions (générateur d'impulsions).....	53
13.1.6	Modulation de largeurs d'impulsions (PWM : MLI)	53
13.1.7	Horloge.....	54
13.1.8	Déclenchements (source de synchronisation).....	55
13.1.9	Démarrage (courbe de conduite).....	56
13.1.10	Bruit, générateur de nombres aléatoires	56
13.1.11	Source programmable	57
13.1.12	Fichier Source	58
13.2	Eléments linéaires	60
13.2.1	Sommeur.....	60
13.2.2	Elément Proportionnel (Gain pur)	60
13.2.3	Intégrateur	61
13.2.4	Dérivateur.....	62
13.2.5	Dérivateur filtré (DT1).....	63
13.2.6	Système fondamental d'ordre 1 (PT1).....	64
13.2.7	Système fondamental d'ordre 2 (PT2).....	65
13.2.8	Système fondamental d'ordre 2 apériodique (PT1T2).....	66
13.2.9	Système fondamental d'ordre n (PTn).....	67
13.2.10	Elément avance retard	68
13.2.11	Elément fraction rationnelle (G(s)).....	68
13.2.12	Retard pur (PTt)	69
13.2.13	Elément passe tout d'ordre 1 (PTa1).....	71
13.2.14	Elément passe tout d'ordre 2 (PTa2).....	72
13.2.15	Système d'équations différentielles linéaires	73
13.3	Eléments non linéaires	74
13.3.1	Mise au carré.....	75
13.3.2	Extracteur de racine	75
13.3.3	Inverseur	75
13.3.4	Elément de multiplication (Produit).....	75
13.3.5	Diviseur	75
13.3.6	Elément d'arithmétique avec entrées multiples	76
13.3.7	Elément de fonction à une entrée.....	76
13.3.8	Elément de fonction à deux entrées.....	77
13.3.9	Caractéristique (définie par l'utilisateur)	77
13.3.10	Saturation	77
13.3.11	Seuil (zone morte)	78
13.3.12	Précharge (Offset).....	78
13.3.13	Hystérésis.....	78
13.3.14	Elément Minimum/Maximum (MinMax)	79
13.3.15	Détecteur de crête (valeur extrême)	79
13.3.16	Frottement statique	79
13.4	Organes de réglage.....	81
13.4.1	Taux limité	81
13.4.2	Taux constant.....	81
13.5	Correcteurs	82
13.5.1	Tout ou rien à deux positions	82
13.5.2	Tout ou rien à trois positions	82
13.5.3	Correcteur proportionnel et intégral idéal (PI-i).....	83
13.5.4	Correcteur PI modifié (PI-m).....	84

13.5.5	Correcteur proportionnel et dérivé idéal (PD-i)	85
13.5.6	Correcteur Proportionnel et dérivé réel (PD-r)	86
13.5.7	Correcteur PID idéal type I (PID-I)	87
13.5.8	Correcteur PID idéal type II (PID-II)	88
13.5.9	Correcteur PID industriel	89
13.5.10	Correcteur PID adaptatif	91
13.5.11	Correcteur PID réel (PID-r)	92
13.5.12	Correcteur PID modifié (PID-m)	93
13.5.13	Correcteur PID généralisé (PID-a)	93
13.5.14	Correcteur retard avance de phase	94
13.6	Eléments à temps discret	95
13.6.1	Introduction	95
13.6.2	Echantillonneur	96
13.6.3	Bloqueur d'ordre zéro (BOZ)	97
13.6.4	Échantillonneur bloqueur (S/H)	98
13.6.5	Intégrateur à temps discret (Iz)	99
13.6.6	Dérivateur à temps discret (Dz)	100
13.6.7	Retard unité (élément z)	101
13.6.8	Correcteur PID discret (PIDz)	102
13.6.9	Élément discret à fonction transfert rationnelle (G(z))	103
13.6.10	Filtre à temps discret (filtre en z)	103
13.6.11	Système d'équations linéaires aux différences	104
13.7	Convertisseurs	105
13.7.1	Convertisseur analogique numérique (CAN)	105
13.7.2	Convertisseur numérique analogique (CNA)	106
13.7.3	Convertisseur analogique binaire (CAB)	107
13.7.4	Convertisseur binaire analogique (CBA)	107
13.7.5	Quantificateur	108
13.8	Logique	109
13.8.1	0 Logique (masse, terre, faux)	109
13.8.2	1 Logique (V+ , vrai)	109
13.8.3	Porte ET à plusieurs entrées (AND)	109
13.8.4	Porte OU à plusieurs entrées (OR)	110
13.8.5	Porte OU exclusif (XOR)	110
13.8.6	Inverseur (porte NON)	110
13.8.7	Bascule RS	111
13.8.8	Bascule JK	111
13.8.9	Bascule D	112
13.8.10	Monostable	113
13.8.11	Monostable retardé	113
13.9	Divers	114
13.9.1	Commutateur 1:2	114
13.9.2	Commutateur 2:1	114
13.9.3	Commutateur 1:n (démultiplexeur)	115
13.9.4	Commutateur n:1 (multiplexeur)	115
13.9.5	Echantillonneur bloqueur contrôlable	116
13.9.6	Retard contrôlable	117
13.9.7	Relation	117
13.9.8	Comparateur à Fenêtre	118
13.9.9	Détecteur de passage par zéro	118
13.9.10	Rampe Graduée	119
13.10	Spécial	120
13.10.1	Émetteur et Récepteur	120
14.	Bibliographie	121

AU SUJET DE CE MANUEL

Ce manuel contient une introduction à SimApp ainsi qu'une description de tous ses éléments standard. Si vous êtes un utilisateur débutant de SimApp, nous vous recommandons de le lire soigneusement. Les programmes de simulation ne sont pas aussi largement normalisés que les traitements de textes ou les logiciels graphiques et beaucoup de détails importants ne seront seulement découverts qu'à la lecture ce manuel.

Le but principal de ce manuel est de présenter les concepts, les outils principaux, et l'équipement nécessaires à l'obtention de simulations réussies. Certaines informations de référence sur l'utilisation des outils spéciaux et des commandes sont uniquement disponibles dans l'aide en ligne. Si vous ressentez le besoin d'obtenir des informations sur : des boutons, des fenêtres de propriétés et autres zones de dialogue, employer l'aide contextuelle . Si vous avez des difficultés à utiliser un outil, appuyez sur la touche de fonction F1, cette touche d'aide permet la recherche ou choisissez l'option « *Contenu et index* » dans le menu d'aide (?).

Nous supposons que vous possédez une connaissance de base de Microsoft Windows. D'autre part, ce manuel n'est pas un manuel relatif aux systèmes automatiques de contrôle ni de modélisation. Se référer, s'il vous plait à la bibliographie placée en fin d'ouvrage.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier les personnes suivantes pour leur contribution au succès de SimApp :

Prof. Dr. Ing. Ivan Vaclavik

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion (HEIG-VD),
Institut d'Automatisation industrielle (iAi), <http://www.iai.heig-vd.ch/>
Route de Cheseaux 1
CH-1401 Yverdon-les-Bains, Suisse

Pour sa disponibilité, son aide compétente, aussi bien technique que commerciale, et enfin pour son appui moral qui m'a aidé à mener à bien ce projet.

Prof. Michel Etique, ing. dipl. EPFL

Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion (HEIG-VD) <http://www.heig-vd.ch>
Département des Technologies Industrielles (TIN)
Route de Cheseaux 1
CH-1401 Yverdon-les-Bains, Suisse

Pour la traduction des textes du programme en français, qui a permis la création de la première interface utilisateur en langue française.

Prof. Michel Huguet, agrégé de mécanique

Lycée Jacques Amyot d'Auxerre, <http://lyc89-amyot.ac-dijon.fr/>
Classes Préparatoires aux Grandes Ecoles (PCSI-PSI)
3 rue de l'étang St Vigile
F-89015 Auxerre, France

Pour la version française du manuel, et pour sa traduction complète des textes du programme de la version 2.5. Grâce à ce travail important, SimApp est maintenant disponible entièrement en français.

Peter Way, SimApp Marketing & Sales

VentiMar, LLC, www.ventimar.com
1112 Oakridge Dr. Suite 104
Fort Collins, CO 80525

Pour son soutien actif dans toutes les versions du projet ainsi que pour sa relecture des textes en anglais

Printemps 2009, Bruno Buesser

1. INTRODUCTION

1.1 Qu'est ce que SimApp ?

SimApp est un programme fonctionnant sous Windows conçu pour l'analyse et l'optimisation de n'importe quel genre de système dynamique basé sur le concept des schémas fonctionnels. De ce fait aucune structure prédéfinie n'est imposée. On peut créer et simuler des schémas fonctionnels quelconques conçus avec des éléments fonctionnels existants. SimApp est surtout adapté au domaine de l'automatique.

Des systèmes linéaires et non linéaires temporels, variants et invariants peuvent être simulés. Leurs simulations peuvent être affichées dans des diagrammes temporels et XY. En outre, des systèmes linéaires et invariants peuvent être étudiés dans le domaine fréquentiel. Le logiciel peut produire les résultats fréquentiels sous forme de diagrammes de Bode, de Black et de Nyquist et calcule les valeurs propres (pôles) du système ou du sous-système étudié. Les données sont également présentées sous forme de tableaux et peuvent être copiées dans d'autres applications à l'aide du presse-papier de Windows.

La modélisation des systèmes sous forme de schémas fonctionnels, est faite d'une manière complètement graphique par l'inclusion dans une aire de travail de blocs fonctionnels connectés au moyen de lignes de commandes. Les paramètres caractéristiques les plus importants (gain, constantes de temps, retard, etc...) sont placés directement dans le schéma et accessibles sans obligation d'ouvrir les boîtes de dialogue des blocs.

En plus des éléments fonctionnels on peut aussi insérer des formes graphiques (cercles, lignes, polygones, etc.) et du texte dans le dessin. Cela permet d'illustrer et de documenter des schémas

SimApp contient une palette d'objets constituée d'une riche collection d'éléments fonctionnels. Des sous-ensembles fréquemment utilisés peuvent être combinés dans des groupes et être stockés dans la palette ou dans des bibliothèques. Il est possible de développer des blocs personnalisés, aussi nommés blocs utilisateurs, qui offrent la possibilité de modéliser des objets du monde réel et de les stocker dans l'objectif de vous en servir pour un usage futur à l'intérieur de vos schémas fonctionnels. Les blocs utilisateurs consistent en un assemblage d'éléments fonctionnels standard de la palette et d'autres blocs utilisateurs. Ils ne diffèrent absolument pas des éléments standard. Ils possèdent en propre un symbole, des nœuds d'entrées et de sorties et une liste spécifique de paramètres. Les blocs utilisateurs permettent d'adapter SimApp à vos besoins spécifiques.

Les réponses temporelles et fréquentielles sont disponibles à chaque nœud du schéma fonctionnel et ainsi peuvent être analysés. Des sondes de mesure spéciales permettent de réaliser des analyses étendues. Par exemple, dans un système de contrôle automatique il est possible de comparer la réponse en boucle fermée et boucle ouverte en lançant une seule simulation et de lire les résultats dans un diagramme commun sans modifier en quoi que se soit le schéma fonctionnel (Il n'est pas nécessaire par exemple d'ouvrir la boucle de retour). Avec la sonde XY on peut, dans le domaine temporel, afficher les signaux dans une présentation bi-dimensionnelle.

SimApp permet un affichage multiple de documents. Cela signifie que vous pouvez ouvrir plus d'un document en même temps. En outre, l'apport du multitâche de Windows permet le lancement simultané de plusieurs simulations tout en travaillant à d'autres schémas.

1.2 A qui s'adresse SimApp ?

SimApp convient aux étudiants, aux techniciens, aux ingénieurs et aux scientifiques qui désirent étudier la nature des systèmes dynamiques tout en permettant le stockage des résultats de manière simple et intuitive.

SimApp est facile à utiliser et est accessible au débutant, sans lire ce manuel, on peut obtenir des résultats utilisables en peu de minutes.

1.3 Utilisation de l'aide

SimApp met à votre disposition plusieurs mécanismes d'aide. Il est possible d'appeler l'aide de manière à ce que l'information apparaisse sous forme structurée ou vous pouvez employer l'aide de manière contextuelle en la faisant intervenir par le biais des divers composants interactifs (menus, commandes et barre d'outils). Ce manuel est lui-même présent dans l'aide en ligne.

1.3.1 Lancer l'aide en ligne

Vous lancez l'aide en ligne par le menu ? + Contenu et index... Vous avez la possibilité d'obtenir l'information par le sommaire. Cette méthode est appropriée si vous désirez une aide générale pour un item particulier. Elle ne l'est pas si vous désirez de l'aide à propos de commandes spéciales comme pour : des

menus, des commandes et des barres d'outils particulières. Dans ce cas employer à la place plutôt l'aide contextuelle.

1.3.2 Aide contextuelle

Des informations contextuelles sont disponibles dès que vous rencontrez le caractère ? dans la barre de titre d'une fenêtre ou lorsque le bouton  apparaît. Cliquer sur le caractère ? ou sur le bouton d'aide puis cliquer sur l'objet pour lequel vous recherchez l'information. Cette action déclenche l'ouverture d'une fenêtre d'aide contextuelle.

Mais vous pouvez aussi appuyer sur la touche F1 si la souris est dans un champ de saisie ou sur un bouton. Vous obtiendrez le même résultat. Certains champs contiennent beaucoup d'informations mais d'autres n'en contiennent aucune.

1.4 Support technique

Si vous rencontrez des problèmes ou avez des questions, utilisez en premier lieu ce manuel ou l'aide en ligne.

Si vous avez besoin de plus d'informations envoyez nous un email à :

support@simapp.com

N'hésitez pas à nous contacter si vous avez des questions, des suggestions ou des critiques à émettre. Nous nous ferons un plaisir d'y répondre rapidement et avec compétence.

Ne pas oublier de visiter régulièrement notre page d'accueil. Vous y trouverez toujours les dernières informations sur SimApp.

<http://www.simapp.com>

En tant qu'utilisateur enregistré il est toujours possible de télécharger la dernière mise à jour de votre version. Il est nécessaire, pour cela, de disposer de votre nom d'utilisateur et votre mot de passe reçus lors de l'achat de SimApp.

Notre adresse postale:

**Buesser Engineering
Wacht 28
CH-8630 Rueti ZH
Suisse**

2. INSTALLATION

2.1 Limites d'utilisation de la licence

Avant d'installer SimApp, lire attentivement, SVP, les limites d'utilisations placées au début de ce manuel et vérifier si vous les acceptées.

Note : Les programmes techniques sont diffusés dans un cercle restreint d'utilisateurs et ils sont d'autre part coûteux en développement et en assistance. Votre appui et votre intégrité nous motivent à améliorer constamment notre produit pour faire face à votre demande. Veuillez, s'il vous plait nous aider dans cette tâche !

2.2 Matériel requis

SimApp fonctionne sous Windows 2000, XP et Vista, et ne nécessite pas de configurations spéciales. Si vous possédez un matériel récent possédant une mémoire vive importante vous pourrez travailler sur des simulations demandant de hautes résolutions.

2.3 Installation

Avant d'utiliser SimApp, il faut d'abord lancer le programme d'installation. Vous avez deux possibilités d'obtenir les fichiers nécessaires à l'installation :

- Par téléchargement via Internet
- Par Cd-rom

2.3.1 Téléchargement par Internet

L'édition d'essai de SimApp (SimApp Trial) est librement téléchargeable sur le site www.simapp.com. Le téléchargement de la version complète est possible après achat de la licence.

Dans l'un ou l'autre cas, le dossier téléchargé sur votre ordinateur est un programme d'installation. Il est nécessaire de le lancer pour installer SimApp sur votre système. La copie du fichier exe n'est pas autorisée et de plus illégale.

L'installation la plus simple est de télécharger le fichier sur votre bureau Windows. Cela crée une icône que l'on double clique pour exécuter le programme d'installation. Vous pouvez également exécuter ce programme en utilisant la commande Exécuter placée dans le menu de démarrage de Windows.

2.3.2 CD

Si vous achetez le CD SimApp, la seule chose à faire est d'insérer votre CD dans un lecteur, l'autorun lance automatiquement le fichier setup.exe. Si ceci ne se produit pas, vous devez double cliquer sur ce même fichier.

Ou il est aussi possible d'employer la commande Exécuter, disponible après avoir appuyé sur le bouton démarrer de Windows. Une fenêtre de dialogue apparaît vous sollicitant de signifier le programme à exécuter. Si D:\ est la lettre affectée à votre lecteur de CD, écrire simplement :

D:\SETUP

Suivre ensuite les directives affichées par le programme d'installation.

3. FENETRE PRINCIPALE DE SIMAPP

3.1 Aperçu

Après le lancement de SimApp la fenêtre principale apparaît. Les options du programme (lancées par un clic dans « Spécial + Options » puis onglet Général) permettent entre autres de démarrer avec tous les schémas qui étaient ouverts à la fin de la dernière session ou simplement avec une page vide.

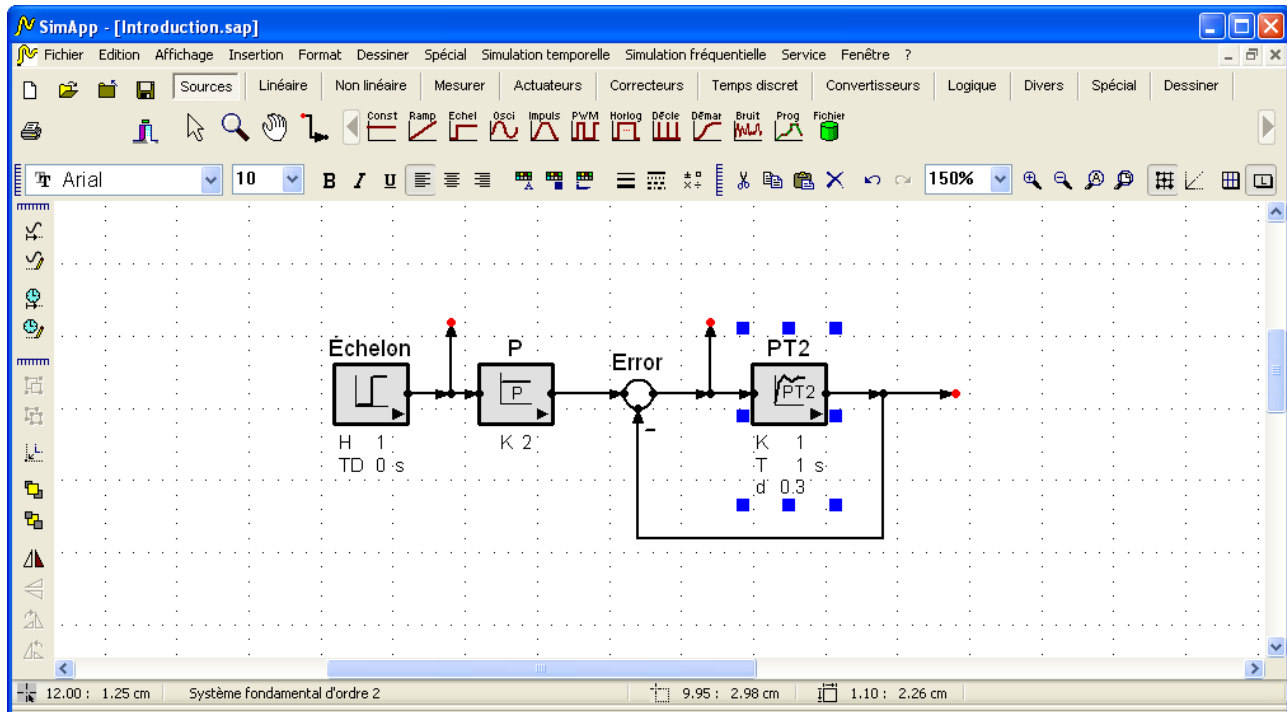


Figure 1 : Fenêtre principale de SimApp

3.2 Menus

3.2.1 Menu principal

On trouve la plupart des commandes dans la barre de menu placée au dessus de l'aire de travail de SimApp. Mais certaines commandes spécifiques ainsi que certains objets apparaissent uniquement dans des menus contextuels (menus pop-up).

3.2.2 Menus contextuels (pop-up)

En faisant un clic droit sur un objet, on ouvre son menu contextuel. Sont considérés comme objets tous les éléments graphiques présents dans la fenêtre de travail principale de l'application : Palette, boutons, barre d'outils, panneaux et même objets de vos schémas. Au moyen des menus contextuels (pop-up), il est possible d'accéder aux paramètres associés à ces objets. Les menus pop-up sont affichés à l'endroit courant du curseur, ils permettent ainsi d'éviter le déplacement systématique du curseur vers la barre de menu ou à vers une barre d'outils.

3.3 Barres d'outils et de contrôles

3.3.1 Barre d'outils fichier

Elle est située dans le coin supérieur gauche de la fenêtre principale de SimApp. Elle possède un certain nombre de boutons dont les plus importants sont : Sauvegarder, Ouvrir, Imprimer, et un bouton pour quitter le travail en cours. Cette barre d'outils n'est pas mobile, mais il est possible de la cacher avec la palette.



Figure 2 : Barre d'outils fichier

3.3.2 Palette

La palette est une barre d'outils contenant tous les objets standard de simulation et quelques outils graphique. La sélection de l'objet se faisant en appuyant sur le bouton désiré (son icône).

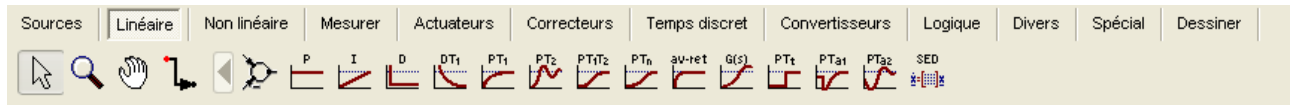


Figure 3 : La palette

On trouve les boutons de catégories, sur la ligne supérieure de la palette. Il en existe deux types :

1.) Des objets de simulation (les autres boutons) :

Ces boutons permettent d'accéder aux objets essentiels nécessaires à la réalisation de vos schémas fonctionnels. En fait ce sont les éléments de base des modèles des systèmes que l'on désire analyser par la simulation.

2.) Des objets d'habillage (bouton *Dessiner*) pour dessiner des formes, des lignes et taper du texte : Avec SimApp il est possible de tracer des formes et des lignes simples. Ces objets ne sont pas des objets nécessaires aux simulations. Vous pouvez les employer pour illustrer vos schémas et dessiner des symboles pour des blocs fonctionnels personnalisés.

Côté gauche de la palette on trouve d'autres outils importants pour les manipulations graphiques et l'affichage (sélection d'objet, Zoom, déplacement de vue).

Il est, d'autre part, possible de personnaliser la palette en y ajoutant vos propres objets (voir chapitre travailler avec la palette).

3.3.3 Barres d'outils mobiles

Chaque barre d'outils contient les boutons des principales fonctions auxquelles elles font référence. Elles sont mobiles, elles peuvent être accolées le long du bord intérieur de la fenêtre principale de SimApp. Elles peuvent aussi être individuellement montrées et cachées (menu *Affichage + Barres d'outils*). D'autre part un double-clic dans la barre d'outil permet de passer du mode « amarré » au mode mobile.

3.3.4 Barres d'outils bibliothèque

Les barres d'outils bibliothèque sont configurables par l'utilisateur et peuvent être sauvegardées. Elles sont principalement dédiées aux blocs personnalisés définis par l'utilisateur, mais il est possible d'y stocker des formes, des textes et n'importe quel genre de groupes d'objets. Dans ce genre de barre s'affichent les objets placés dans la bibliothèque. Elles se comportent comme des barres d'outils classiques. L'appel ou la création de ce genre de barre d'outils se fait en cliquant dans la barre de fonctions principal sur « *Spécial + Librairie + Nouveau ou Ouvrir* ».

3.4 Barre de statut

La barre de statut est placée sur le coté inférieur de la fenêtre principale de SimApp. Elle précise des informations d'affichages sur le schéma courant.

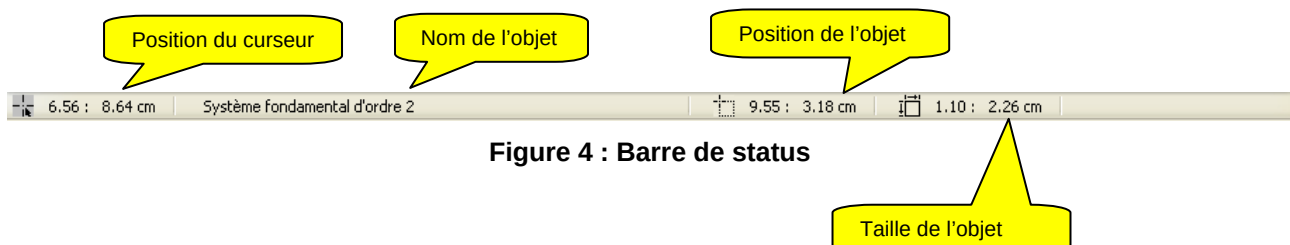


Figure 4 : Barre de statut

3.5 Fenêtre d'erreurs

La fenêtre d'erreurs clignote en rouge lorsque une erreur apparaît. Un bref descriptif de l'erreur est alors indiqué.

Les lignes présentes dans la fenêtre d'erreurs peuvent être parfois associées au bloc où l'erreur s'est produite. Certaines erreurs peuvent vous permettre de trouver le bloc où l'erreur s'est produite en cliquant sur le message d'erreur.

4. EXEMPLE D'INITIATION

Ce chapitre est construit autour d'un petit projet dont le but est de vous faire créer pas à pas un schéma fonctionnel et de le simuler temporellement puis fréquemment. L'utilisation des sondes temporelles, fréquentielles, des graphiques en « xy » ainsi que la variation des paramètres sont présentés dans les chapitres suivants.

4.1 Lancement SimApp

Localiser l'icône de SimApp dans votre environnement Windows et double cliquer dessus. La fenêtre principale de SimApp s'ouvre sur une aire de travail vierge en pleine page. La fenêtre principale de SimApp est un MDI (Multiple Document Interface) qui peut contenir plusieurs fenêtres filles. Les fenêtres de dessin (aires de travail) sont entièrement indépendantes les unes des autres. Dans chaque fenêtre il est possible de modéliser un système et d'y faire des simulations. Par contre un même système ne peut pas être réparti sur plusieurs fenêtres. Cependant un schéma peut-être imprimé sur plusieurs pages orientées en mode portrait ou paysage. Les nouveaux schémas sont toujours définis en format paysage. Les marges sont représentées sous forme de tirets bleus.

4.2 Vues et organisation de la page

Il existe diverses commandes de contrôle d'affichage des schémas (en taille et en position). On trouvera ce type de commandes dans la barre d'outils standard.



Figure 5 : Gestion de l'affichage (barre d'outils standard)

Trois boutons, en particulier nécessitent une explication supplémentaire.



Aligner sur la grille (attraction de la grille): cette option doit presque toujours être sélectionnée. Cela permet un alignement et un raccordement plus facile des objets. Pour déplacer les objets sur la grille utiliser la combinaison ALT+ cliquer.



Orientations des lignes : vous assure que les nouvelles lignes créées sont verrouillées en orientation par pas de 45°. Une fois placés ces angles peuvent être modifiés sans restriction.



La composition de page permet aux modèles de s'étendre au-delà d'une page simple. Chaque page représente une page d'impression. Vous pouvez choisir dans une gamme de formats et travailler ensuite avec une unité de base de plus grand format.

4.3 Modélisation du système

Le système réel est représenté par des schémas fonctionnels (ou schémas bloc). Un schéma fonctionnel est constitué principalement de blocs et de lignes. Les blocs représentent les fonctions de transfert, ils modifient les données ou créent de nouveaux signaux. Les lignes doivent relier les blocs et permettent, ainsi, de représenter le flux des données du système. Chaque ligne représente une donnée élémentaire du système le sens du flux est représentée par l'orientation de la flèche.

4.3.1 Du système réel au schéma fonctionnel

Vous avez de la chance si votre système est déjà modélisé d'un point de vue mathématique ou simplement représenté par un schéma fonctionnel. Il ne reste plus qu'à le dessiner. Dans le cas contraire, il y a toujours beaucoup à faire : Analyser le système, trouver les interfaces avec d'autres systèmes, les décomposer en sous-ensembles et trouver les équations mathématiques adaptées. Si une description mathématique est enfin définie il est possible de la présenter sous une forme graphique en utilisant des objets issus de la palette puis de simuler. Cependant, la modélisation du système réel par une représentation de type schéma fonctionnel n'est pas l'objet de ce manuel. Il faut alors se tourner vers la littérature relative aux systèmes asservis, à l'automatique, à l'automatique non linéaire, etc... Voir la bibliographie à la fin de ce manuel.

Dans la palette, tous les éléments de base sont divisés en catégories. Le projet simple qui nous intéresse est représenté par le schéma bloc suivant :

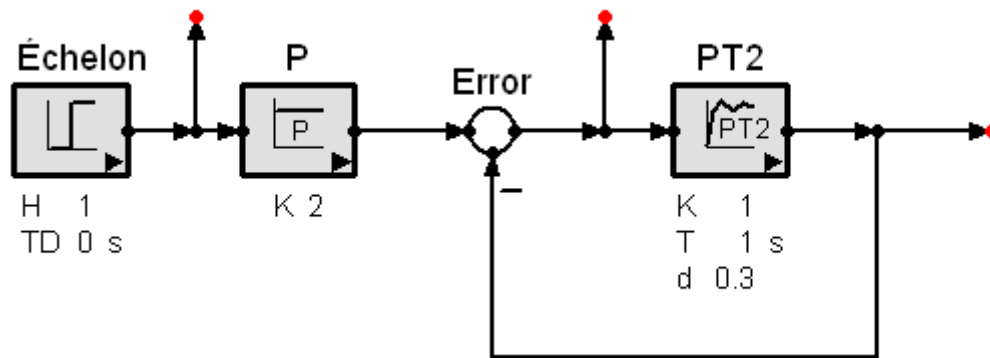


Figure 6 : Boucle fermée avec entrée échelon

Vérifier que le bouton  « attraction de la grille » soit enfoncé. Récupérer les objets en cliquant sur le bouton de catégorie de l'objet désiré (ex. : Sources, Linéaire,...) puis cliquer alors sur l'icône de l'objet désiré. Enfin placer la souris à l'endroit voulu sur le dessin et cliquer pour déposer l'objet. Si le bouton gauche n'est pas relâché immédiatement, l'encombrement de l'objet apparaît à l'endroit du curseur. Ceci permet de placer exactement l'objet en le glissant puis en relâchant le bouton gauche de la souris.

4.3.2 Liaisons entre objets

L'outil « ligne de commande » peut être activé par le bouton  situé sur la partie fixe à gauche de la palette. L'utilisation de ce bouton n'est nécessaire que dans de rares cas, car l'outil est activé automatiquement si vous déplacez la souris sur un nœud d'un élément de fonction et si l'élément n'est pas sélectionné.

Si l'élément est sélectionné vous devez premièrement cliquer à côté de l'élément (désactivation de la sélection) puis tracez la ligne jusqu'à un autre nœud et relâcher le bouton.

Il est préférable, afin d'obtenir une structure ordonnée de dessiner en priorité des segments horizontaux ou verticaux. Pour dessiner une ligne brisée on doit seulement relâcher le bouton et le cliquer à nouveau.

Il n'est pas conseillé de tracer des lignes au travers des éléments.

Il est possible également d'insérer de nouveaux points en dédoublant des segments (faire un nouveau clic avec l'outil « ligne de commande » sur le segment déjà construit à l'endroit voulu) ou de supprimer des points après avoir aligné deux segments adjacents (voir chapitre Polygones).

Si l'extrémité n'est pas un nœud, la ligne de commande ne se termine pas automatiquement. Dans ce cas vous devez faire un double clic.

Note : Les blocs possèdent un sens de flux indiqué par la flèche placée dans la partie inférieure du bloc. Assurez vous que le bloc pointe bien dans la direction désirée avant de le connecter aux autres. Cela vous aidera à obtenir un modèle correct dès le premier essai.

D'autre part plusieurs lignes de commande convergent sur les sommateurs, pour modifier éventuellement leurs signes, sélectionner la ligne avec un clic droit puis choisir « changer le signe », la modification sera effective si elle est appropriée pour la connexion envisagée.

4.3.3 Modifier les paramètres de blocs

La modification (passage de $d=0.5$ à 0.3 par ex.) de la valeur du coefficient d'amortissement d du bloc PT2 peut se réaliser de deux manières différentes :

Edition rapide de d dans le dessin :

Cliquer sur la valeur numérique de d (et pas sur d). Une boîte de saisie apparaît avec l'ancienne valeur sélectionnée. Entrer une nouvelle valeur et appuyer sur Entrée.

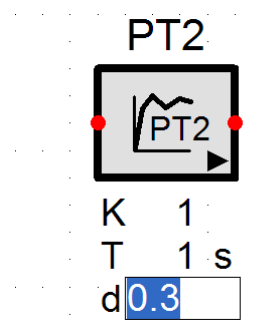


Figure 7 : Modification des paramètres du bloc

Changement de d dans la boîte de dialogue des propriétés du bloc :

Double cliquer dans le bloc PT2 ou sélectionner l'option « Propriétés de la simulation » dans le menu contextuel de l'élément. Localiser le champ Amortissement, écrire une nouvelle valeur puis valider. Notez qu'il y a plus de paramètres accessibles avec la boîte de dialogue.

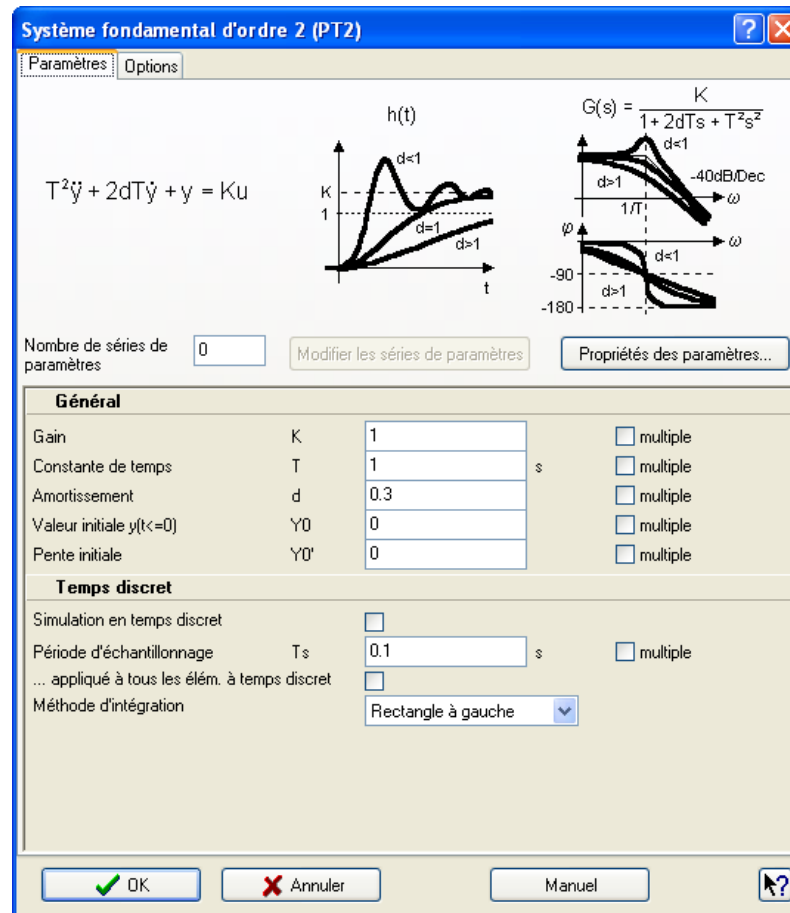


Figure 8 : Propriétés de la boîte de dialogue de l'élément PT2

4.4 Simulations

Après avoir tracé un schéma fonctionnel sans erreurs, il est possible d'effectuer des simulations temporelles et fréquentielles.

4.4.1 Simulation temporelle

Intéressons nous d'abord à la réponse du système à un échelon. Appuyer sur le bouton  « Démarrer la simulation temporelle ». Une nouvelle fenêtre se composant de plusieurs onglets apparaît. Dans l'onglet intitulé « Toutes les sorties », on peut apercevoir les représentations graphiques des signaux relevés aux nœuds de sortie (représentés en rouge sur le schéma fonctionnel).

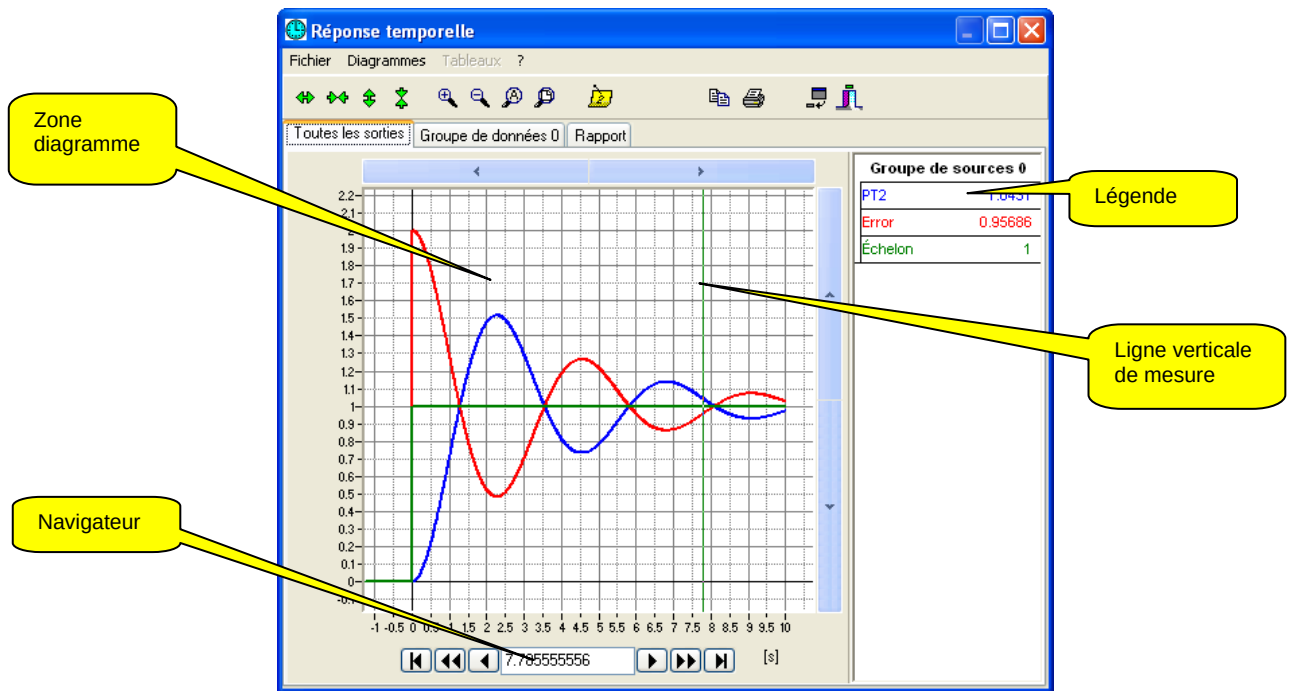


Figure 9 : Diagramme temporel

Le deuxième onglet intitulé « *Groupe de données* » est constitué de tableaux regroupant l'ensemble des valeurs numériques ayant permis de tracer les deux courbes. Le troisième onglet intitulé « *Rapport* » indique certains paramètres et quelques valeurs statistiques de la simulation.

Les Tableaux et les tracés peuvent être imprimés ou transférés vers d'autres applications par le biais de l'opération « copier/coller » de Windows.

Sur le premier onglet, le diagramme contient une ligne verticale de mesure qui peut-être déplacée par l'intermédiaire du bouton gauche de la souris, des flèches du clavier ou des boutons du navigateur placés au bas de la fenêtre.

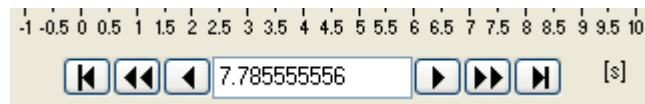


Figure 10 : Navigateur indiquant le temps courant

Le temps courant (abscisse) est toujours montré dans la fenêtre du navigateur et les valeurs correspondantes des signaux (ordonnées) sont précisées dans la légende. Chaque zone du diagramme peut être zoomée en réalisant une fenêtre par cliquer-glisser avec le bouton gauche de la souris. Les courbes peuvent être éditées en cliquant avec le bouton droit de la souris sur la courbe ou sur l'item correspondant de la légende.

Les données des tableaux peuvent être sectionnées et copiées vers d'autres applications à l'aide du presse papier de Windows. La largeur des colonnes est ajustable à l'aide de la souris.

4.4.2 Simulation fréquentielle

Le schéma fonctionnel utilisé dans notre exemple contient seulement des éléments linéaires de sorte que la simulation fréquentielle est possible sans modifications. La ligne reliant la source 'échelon' et le bloc 'P' se transforme en une entrée, car, dans ce cas, la source ne sera pas utilisée pour la simulation fréquentielle.

Ne pas fermer la fenêtre issue de la précédente simulation temporelle.

Démarrer la simulation en cliquant sur le bouton  « Démarrer la simulation fréquentielle ». Une nouvelle fenêtre apparaît très semblable à la précédente.

La fenêtre contient plusieurs onglets : les tracés de Bode, de Black, de Nyquist, les valeurs propres (pôles), un tableau récapitulatif des données et un court rapport de la simulation.

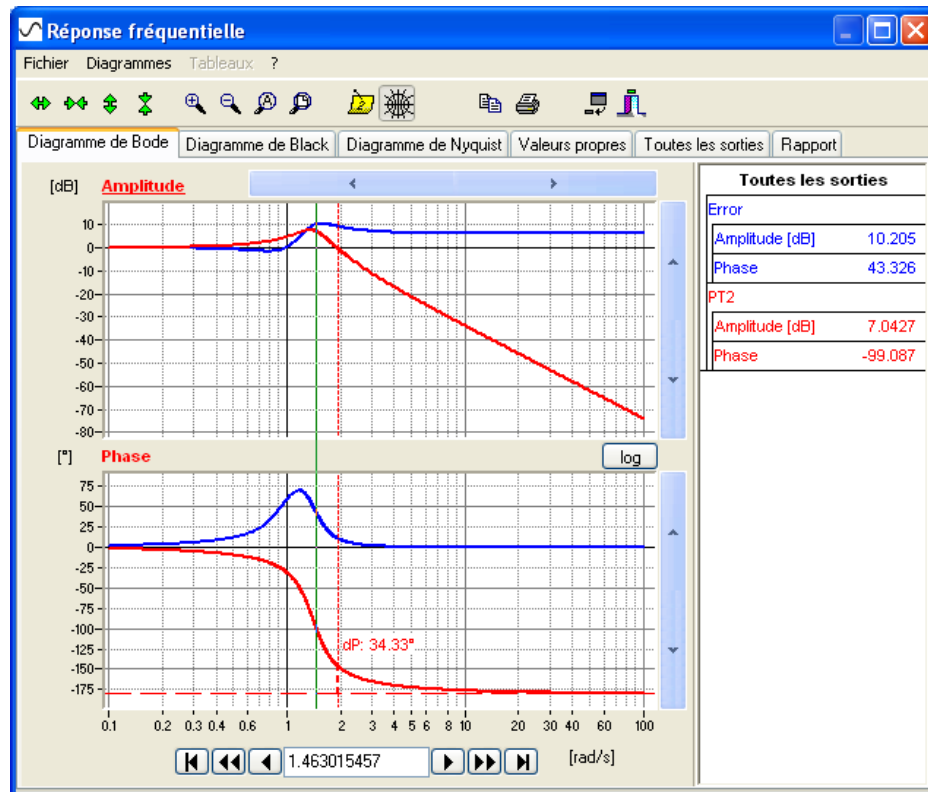


Figure 11 : Réponse fréquentielle

4.4.3 Fenêtre « liste des simulations »

Chaque demande d'une nouvelle simulation produit une nouvelle fenêtre de simulation. Il est possible de la laisser ouverte dans le but d'établir des comparaisons ou de la fermer immédiatement après lecture. Si la fenêtre est fermée, toutes les données de la simulation sont perdues. Il est possible de la masquer temporairement et aussi, de changer le texte dans la barre de titre.

Une petite fenêtre intitulée « *Simulations* », toujours visible, liste toutes les fenêtres de simulation ouvertes. Les titres des fenêtres y apparaissent. Cliquer sur l'intitulé correspondant à la simulation voulue permet de rappeler sa fenêtre au premier plan.

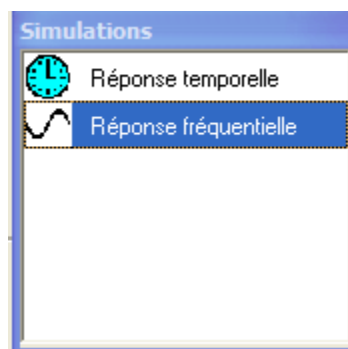


Figure 12 : Fenêtre « liste des simulations »

5. FONCTIONS GRAPHIQUES

5.1 Introduction

SimApp est également un logiciel graphique simple. Il est possible dessiner des formes, des lignes, de taper du texte, de changer la couleur et de modifier la taille des objets, etc...

Ces objets graphiques servent en priorité à l'illustration et la description des schémas fonctionnels, mais aussi au dessin des symboles des blocs personnalisé.

5.2 Objets Graphiques

Vous pouvez dessiner des formes simples, des lignes et écrire des textes en sectionnant l'outil graphique approprié dans le sous-menu (appelé page dans SimApp) apparaissant lorsqu'on clique sur le bouton de catégorie « Dessiner » de la palette.

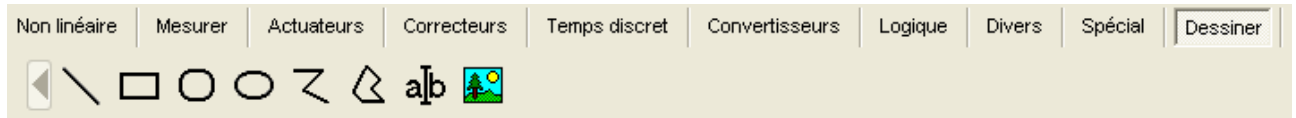


Figure 13 : Outils graphiques (page Dessiner affichée)

5.2.1 Lignes

Des lignes sont simplement tracées en réalisant un cliquer-glisser

5.2.2 Rectangles et carrés

Les formes rectangulaires et carrées sont également simplement dessinées en réalisant un cliquer-glisser. Pour dessiner des carrés, il est nécessaire de maintenir appuyée la touche MAJ tout en réalisant le cliquer-glisser.

5.2.3 Formes rectangulaires à coins arrondis

Ce type de formes est dessiné de la même manière que les formes rectangulaires précédentes. Il est également possible de convertir des formes rectangulaires normales en formes à coins arrondis et vice versa en cochant ou décochant la fonction « Angles arrondis » dans le menu contextuel associé.

5.2.4 Ellipses et cercles

Ellipses et cercles utilisent eux aussi la technique du cliquer-glisser. Il est nécessaire de maintenir appuyée sur la touche MAJ pendant le cliquer-glisser pour former des cercles.

5.2.5 Polylignes

Une polyligne est constituée d'un ensemble de segments. On peut réaliser la conversion polyligne / polygone à tout moment et vice-versa.

On commence à dessiner une polyligne en cliquant, en maintenant l'appui sur le bouton gauche de souris et en se déplaçant vers l'extrémité du segment désiré puis en relâchant. À la fin du premier segment cliquer ensuite sur l'extrémité du second segment et ainsi de suite. **Il est nécessaire de double cliquer à la fin du dernier segment.** Si l'on désire fermer la polyligne ainsi construite, cocher la fonction « Connecter fermer » du menu contextuel appelé par un clic droit de la souris. Ainsi il est possible de transformer sa polyligne en polygone. Décocher la fonction permet de passer cette fois du polygone à la polyligne.

Lorsque la polyligne est terminée, il est possible de choisir entre deux modes de fonctionnement : la fonction « Modifier les points » est active par défaut. Ce mode permet de déplacer les segments simples, les points et les coins en entraînant la modification éventuelle de la longueur des polylignes. L'autre mode permet de déplacer les points et coins sans étirer les polylignes. Changer le mode dans le menu contextuel apparaissant en pop-up en décochant : « Modifier les points »

Les remarques suivantes se rapportent au mode « Modifier les points »:

- Le déplacement d'une extrémité de ligne ou d'un coin se fait en cliquant le bouton gauche de la souris et en déplaçant le curseur à un nouvel endroit.
- Il est possible de ne déplacer qu'un seul segment de la polyligne en maintenant appuyée la touche CTRL **avant** le clic sur le segment (ceci évite le déplacement entier de la polyligne).

Nota : La ligne est copiée si la touche CTRL est appuyée **après** le clic de souris.

Afin d'insérer de nouveaux coins, il est nécessaire de cliquer en premier sur la ligne voulue puis d'appuyer sur la touche MAJ et enfin de faire un cliquer-glisser significatif. Pour copier un segment ou une polyligne utiliser la même technique mais cette fois utiliser la touche CTRL.

Afin de faire disparaître des coins, maintenir appuyer la touche MAJ et cliquer avec le bouton gauche de la souris sur le coin à faire disparaître.

Un segment incliné d'une polyligne peut être remplacé par une paire de segments verticaux/horizontaux en cliquant sur le bouton droit de la souris après avoir, au préalable, maintenu la touche MAJ.

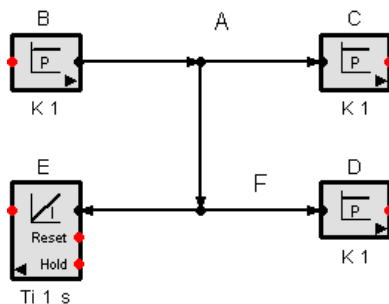
5.2.6 Polygones

Suivre les mêmes règles que pour les polygones. Les polygones peuvent être convertis en polygones grâce à la fonction « *Connecter fermer* » du menu contextuel appelé par un clic droit de la souris.

5.2.7 Ligne de commande :

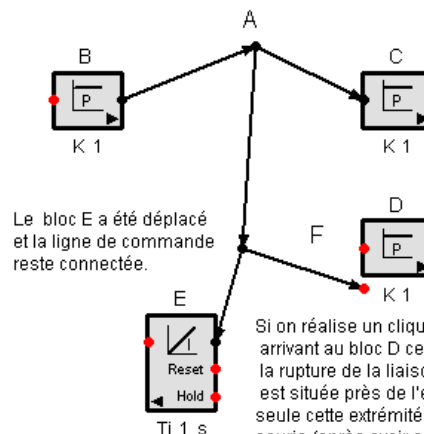
Les données sont transportées de blocs à blocs par le biais des lignes de commandes. Elles ressemblent aux lignes ordinaires de dessin à la différence près que leurs nœuds d'extrémité établissent un lien « adhérent » avec les autres nœuds, en particulier avec les nœuds d'entrée/sortie des blocs. Les blocs restent liés aux lignes de commande lorsqu'ils sont déplacés dans l'espace de travail, contrairement aux lignes de commandes qui, elles, ne peuvent entraîner les blocs dans leurs déplacements. En effet par défaut les lignes de commande sont détachées du bloc lorsqu'elles sont déplacées. Les spécificités de cette configuration peuvent être modifiées dans les options du programme (*Spécial* puis *Options*) comme indiqué ci-dessous. La figure suivante explique la configuration associée aux lignes de signal

Exemple : Schéma initial



Mode par défaut

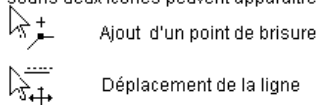
Le point A a été déplacé, les lignes de commande restent connectées entre elles.



Si on réalise un cliquer glisser sur la ligne F arrivant au bloc D cela produit systématiquement la rupture de la liaison avec celui-ci. Si la souris est située près de l'extrémité finale de la ligne seule cette extrémité suit le déplacement de la souris (après avoir sélectionné la ligne (clic gauche)). Situé à un autre endroit sur la ligne le clic de souris provoque le déplacement complet de la ligne sans rupture avec le nœud origine..

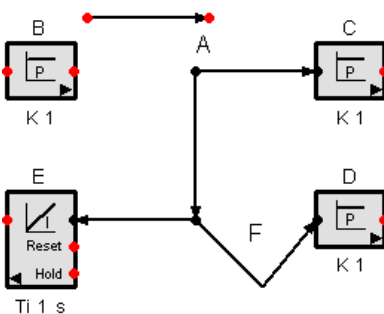
Mode Majuscule (shift mode)

Lorsqu'une ligne est sélectionnée, des cercles apparaissent aux brisures et aux extrémités. Lors du survol de la ligne par la souris deux icônes peuvent apparaître.



L'appui sur la touche MAJ. (shift) permet de basculer d'une icône à l'autre

Dès que l'icône de déplacement apparaît, vous pouvez réaliser un cliquer glisser en gardant les connexions de la ligne, ou appuyer sur Majuscule pour rompre la liaison au niveau du nœud d'origine de la ligne et déplacer celle-ci vers le nouvel endroit choisi. Dans ce cas, une ligne bleue en pointillés indique alors la position finale de la ligne déplacée



Le segment G a été déplacé avec rupture du nœud origine en réalisant l'opération simultanée : appui sur majuscule et cliquer-glisser

Après avoir été sélectionnée, la ligne F a été enrichie d'un point de brisure en appuyant sur majuscule et en réalisant un cliquer glisser au niveau de la création du futur point de brisure

Vous pouvez changer les réglages par défaut en choisissant : Spécial – Options puis en cliquant sur l'onglet lignes de commande, cochez alors l'option : Détacher les lignes en réalisant un cliquer-glisser

5.2.8 Texte

Cliquer dans le schéma à l'endroit désignant l'origine du texte à taper et entrer le texte désiré. Terminer la saisie en appuyant sur la touche Entrée. Pour écrire un paragraphe taper sur la combinaison CTRL + Entrée

pour passer à la ligne suivante. La touche Echap permet d'interrompre la saisie du texte. Pour éditer un texte existant sélectionner le et cliquer sur le bouton texte de la palette ou double cliquer sur le texte à modifier.

Nota : Pour les titres des éléments issus de la palette un seul clic suffit.

5.2.9 Images

Au moyen de l'objet image vous pouvez coller dans votre dessin des images bitmaps (*.bmp), des fichiers (*.wmf ; *.emf) ou encore (*.ico). Ces objets peuvent avoir pour origines des fichiers ou le presse papier de Windows. Avec cette fonction, il est possible de montrer des images de courbes non éditables avec SimApp (des dessins vectoriels sophistiqués par ex.). Créez vos images dans des éditeurs graphiques puissants puis collez les dans votre schéma SimApp. Dans SimApp il est impossible de les modifier mis à part leurs tailles à l'exception des fichiers (*.ico). Les fichiers (*.wmf ; *.emf) peuvent être convertis en objets SimApp natifs.

5.2.9.1 Collage d'images à partir du presse-papier Windows

Créer l'image dans un éditeur graphique et copiez la dans le presse-papier Windows. Revenir dans SimApp, et coller l'image par la commande (Traiter + Insertion) ou en cliquant le bouton Coller .

Les applications stockent leurs données dans le presse-papier de Windows sous différents formats. La commande Coller préfère toujours le format natif de l'application destinataire. Si elle ne peut pas trouver le format voulu, elle choisit celui le plus semblable.

SimApp génère des fichiers au format .sap. Quand il ne peut pas trouver son format natif, il choisit le format .wmf ou .bmp.

Si vous ne désirez pas utiliser le format natif ou si vous ne savez pas quel format sera collé, choisir la commande « Traiter + Insérer le contenu » (commande absente dans la barre d'outils dédiée). Il apparaît alors une liste de tous les formats connus dans le presse papier. Après collage, les objets sont généralement affichés dans leur taille originale (si l'échelle est de 100%).

5.2.9.2 Insérer les images à partir d'un dossier

Cliquer le bouton image  de la palette et placer une image vide dans le schéma.

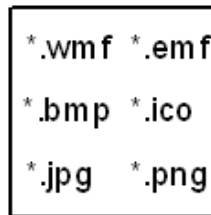


Figure 14 : Image vide

Dans le menu contextuel de l'image on trouve les commandes suivantes :

1. *Insérer l'image du presse-papier* : Colle le contenu du presse-papier dans l'image vide. Ceci correspond à la commande *Coller* comme expliqué précédemment.
2. *Charger une image* : Une boîte de dialogue est ouverte et vous permet de charger un fichier à extensions .wmf , .emf , .bmp , .ico , .jpg ou .png.

5.2.9.3 Éditer l'image

On ne peut pas éditer le contenu de l'image, mais changer sa taille reste possible. Pour restaurer la taille originale du document, choisir « Restaurer la taille originale » dans le menu contextuel. A tout moment l'image peut-être remplacée par une autre.

5.2.9.4 Convertir une image

Convertir des métafichiers (.wmf, .emf) en objets natifs de SimApp est possible en choisissant « insérez le contenu + image simApp » Les objets de formats inconnus de SimApp sont omis.

5.2.10 Flèche

La flèche (petit triangle dans le coin inférieur droit du bloc) est un objet particulier qui est utilisé lors de la création d'un bloc personnalisé. Elle montre le sens de flux des données.

D'autres part des flèches de formes et de tailles variables peuvent être créées avec l'outil polygone.

5.3 Format graphique des objets

Chaque objet graphique possède un format propre avec ses attributs spécifiques (par exemple son type de ligne, sa police, son type de remplissage, etc...). Le format par défaut se voit attribué aux objets nouvellement créés. Il est possible ensuite de le modifier. La modification des attributs du format s'applique aux objets sélectionnés au préalable. Si aucun objet n'est sectionné la modification des attributs est affectée au format par défaut.

5.3.1 Barre d'outils Format

Il existe une barre d'outil dédiée au format graphique des objets

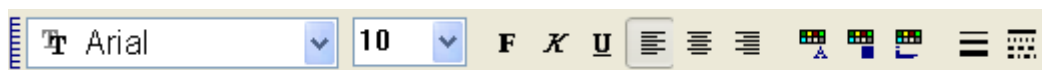


Figure 15 : Barre d'outils Format

Cette barre contient les commandes pour les attributs les plus importants.

5.3.2 Propriétés du format

Toutes les propriétés du format sont accessibles sur la fenêtre de propriété dédiée. Cette fenêtre est accessible par le biais de la commande «Format + Propriétés de format» ou par un clic droit sur l'objet graphique sélectionné par le biais du menu contextuel « Propriétés »

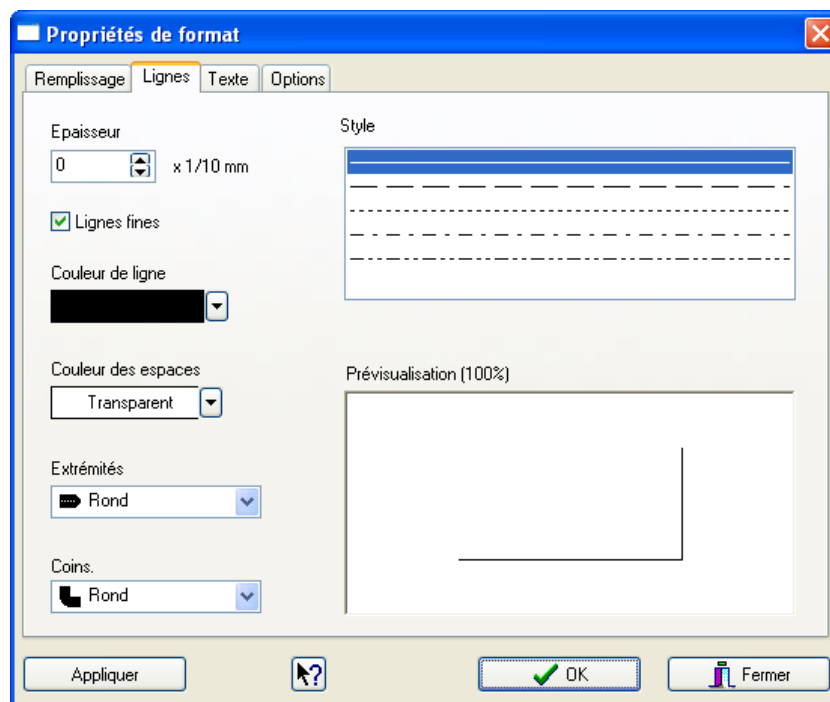


Figure 16 : Propriétés de format pour les lignes

La fenêtre Propriétés de format montre les attributs courants des objets choisis. Après avoir changé certains attributs, les nouvelles valeurs ne sont pas immédiatement prises en compte. Il est nécessaire au préalable de cliquer sur le bouton « Appliquer ». Dans ce cas la fenêtre de propriétés reste ouverte et les changements sont visibles immédiatement. Si le bouton « OK » est cliqué, les changements sont appliqués de la même manière mais la fenêtre de propriétés se ferme et une nouvelle modification des attributs nécessite à nouveau une ouverture de la fenêtre des propriétés. Si le bouton « Fermer » est cliqué aucun changement n'est validé.

5.3.2.1 Onglet Options

L'onglet Options permet d'autoriser ou d'interdire certaines modifications d'attributs.

Ces options sont particulièrement importantes pour les objets graphiques utilisés pour définir le symbole des blocs personnalisés. Plus d'informations sont disponibles dans le chapitre «Blocs personnalisés».

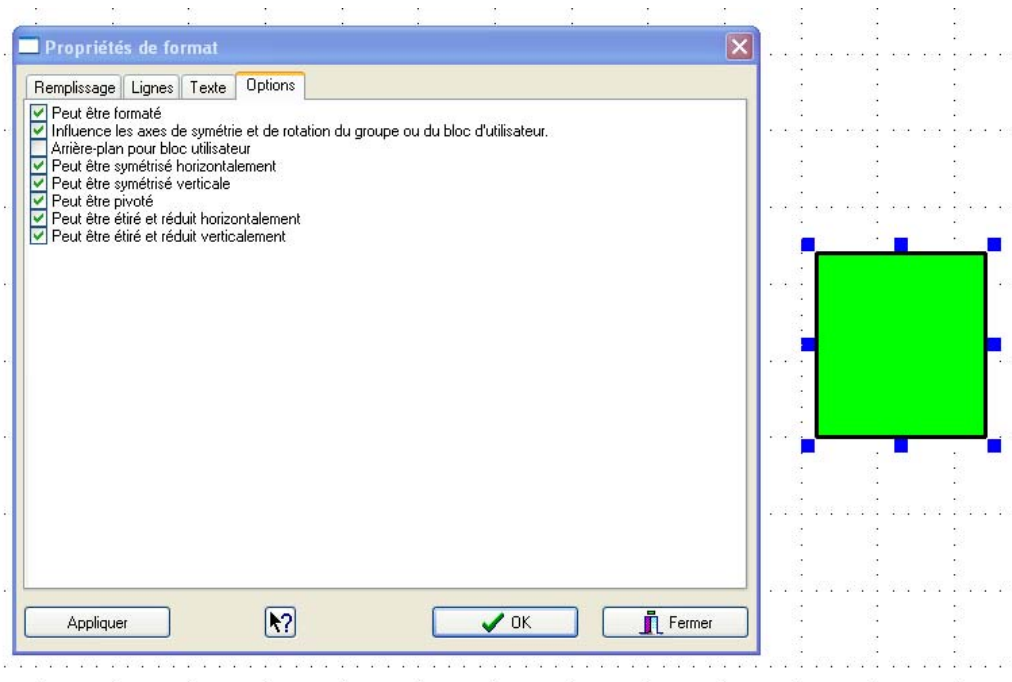


Figure 17 : Options pour un rectangle

Les cases à cocher, colonne de gauche, peuvent prendre trois états différents :

L'état de valeurs multiples (marque de contrôle en grisé) indique que les valeurs pour cette option sont multiples et résultent d'une sélection d'objets avec des attributs différents (par exemple pour un choix de textes partiellement éditables). L'appui sur le bouton « OK », n'induit pas de modifications des attributs d'origine des objets sélectionnés. Par contre si on clique dans la case à cocher possédant cet état de valeurs multiples, la valeur associée est validée pour tous les objets sélectionnés et une coche est placée dans la case.

5.3.3 Format par défaut

Les nouveaux objets reçoivent le format par défaut. Les attributs du format par défaut peuvent être changés lorsque aucun objet n'est sélectionné.

5.4 Modifications et repositionnement des objets

Il existe diverses commandes associées à ce type de modifications. Elles sont accessibles via le menu principal, le menu contextuel de l'objet ou la barre d'outils Dessiner. La barre d'outils Dessiner contient les commandes les plus importantes :



Figure 18 : Barre d'outils Dessiner

5.4.1 Basculer et pivoter les objets

Les boutons  permettent :

- de pivoter les objets choisis par pas de 90 degrés vers la gauche ou vers la droite 
- de basculer verticalement ou horizontalement .

5.4.2 Empilage d'objets

Les boutons  permettent de hiérarchiser l'empilage des objets que l'on peut mettre en avant  ou en arrière plan . Les objets peuvent se couvrir mutuellement sur plusieurs épaisseurs.

5.4.3 Objets attachés à la grille

Lors du tracé des « lignes de commande » et de l'insertion de blocs de simulation sur le dessin, il est plutôt difficile d'aligner parfaitement ces objets. Pour augmenter la précision du placement il est possible d'utiliser la grille. Cette option est très utile pour la représentation des schémas fonctionnels car dans ce cas, il n'est

pas utile d'utiliser la haute précision de placement offerte par SimApp. La connexion entre bloc s'en trouve facilitée et il n'est pas nécessaire de revoir l'alignement des objets à longueur de temps.

Il est possible de sortir du mode attraction (avec le bouton ) , si le pas de la grille est trop large lors d'opérations graphiques spéciales, mais il sera nécessaire par la suite de le réactiver pour à nouveau profiter de ses avantages. Si après un oubli de réactivation, vous essayez de connecter différents objets il est possible que l'opération ne puisse pas se faire car ceux-ci seraient alors placés sur des grilles différentes.

SimApp différencie la grille globale et la grille locale associée à un objet. La grille globale correspond à des points particuliers accessibles dans l'aire de travail. La grille locale associée à l'objet place son origine au point d'insertion de l'objet. Cependant les pas de ces deux grilles sont identiques. Ainsi, si vous déplacez un objet hors mode alignement, sa grille ne se confondra pas avec la grille globale. Pour replacer un objet sur la grille globale, sélectionnez le puis cliquer sur le bouton  « Aligner sur la grille ».

Nota : Ne jamais sortir du mode attraction. Appuyer temporairement sur la touche ALT si vous désirez placer un objet de façon plus précise. Aussi longtemps que la touche ALT est appuyée le mode alignement est désactivé.

5.4.4 Regroupement d'objets

Grouper des objets peut vous simplifier la tâche et permet de travailler avec plusieurs objets simultanément. Sélectionner tous les objets à regrouper et appuyer sur le bouton  « Grouper ». La dissociation du groupe se fait en appuyant sur le bouton  « Séparer ».

5.5 Touches auxiliaires importantes

Le tracé des schémas fonctionnels se fait habituellement à la souris, cependant, dans certains cas, il est utile de s'aider d'une ou deux touches du clavier. SimApp utilise les touches suivantes :

Touche ALT

Les effets de cette touche dépendent de l'opération courante :

- L'appui sur ALT tout en dessinant, en insérant ou en déplaçant des objets, permet de sortir, temporairement, du mode alignement sur la grille. Ceci est utile dans le cas d'une recherche d'un placement précis.
- L'appui sur ALT avant de cliquer sur le bouton gauche de la souris permet de déplacer des boutons dans la palette.

Touche CTRL

Les effets de cette touche dépendent de l'opération courante :

- Lors de déplacement d'objets : La touche CTRL permet la copie d'un objet. Pour reproduire un objet, appuyer sur la touche CTRL avant de relâcher le bouton gauche de la souris. Cette démarche également valable pour copier des objets dans la palette ou dans une bibliothèque.
- Lors de l'insertion d'objets issus de la palette : L'appui sur CTRL permet de revenir aux réglages par défauts définis dans les options du programme [F12] "Sélectionner l'objet après l'insertion"

Touche MAJ. (Shift)

La touche MAJUSCULE permet d'aligner les objets. Utiliser cette touche, si vous désirez tracer un cercle ou un carré. Elle permet également de simplifier le tracé de lignes verticales, horizontales ou à 45 degrés. Si ce mode est verrouillé de manière permanente l'appui sur MAJ. le déverrouille provisoirement.

Par défaut la sélection d'un ensemble de lignes et de blocs permet un déplacement sans déformation des objets situés dans la sélection, les lignes placées hors sélection se déforment et continuent à assurer les liaisons initiales. Appuyer sur la touche majuscule (shift) avant et pendant le déplacement des objets sélectionnés permet la déconnection de l'ensemble déplacé par rapport à celui qui demeure en place. Il est possible de modifier les options du programme pour que cette dernière configuration devienne par défaut.

Touche ESC

La touche ESC permet 'd'échapper' lors du tracé d'une polyligne, d'une ligne d'un texte, etc...

Barre d'espace

L'appui sur la barre d'espace supprime le défilement automatique. C'est utile lorsqu'on désire déplacer un objet de l'aire de travail vers la palette.

6. OBJETS DE SIMULATION

6.1 Description

Les objets de simulation (blocs et lignes) sont les éléments de base des schémas fonctionnels. Ils réalisent un certain processus et transmettent des données. Les « lignes de commande » transmettent les données et les blocs établissent des rapports fonctionnels entre elles. Le triangle noir placé dans l'un des coins inférieurs du bloc indique le sens de flux des données. Les sorties sont généralement placées du côté droit et les entrées du côté gauche. Pour des boucles de rétroaction (chaîne de retour), les entrées/sorties peuvent être inversées par le bouton  « Symétrie horizontale ».

Il est possible également de créer des blocs personnalisés se composant d'un ensemble d'objets de base de simulation ou de n'importe quels autres blocs définis par l'utilisateur.

Les blocs de base peuvent afficher deux types de symboles. Le symbole par défaut est une représentation schématique d'une réponse temporelle ou fréquentielle. Le deuxième symbole montre la fonction mathématique de transfert (variable de Laplace ou complexe).

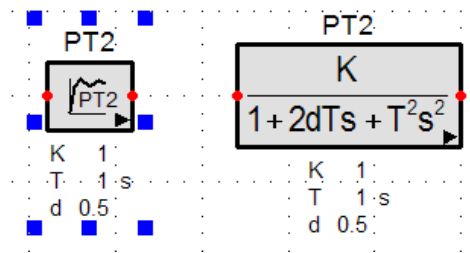


Figure 19 : Symboles disponibles pour le bloc PT2

Pour tous les objets, le symbole par défaut est choisi dans l'onglet « Schéma » du menu « Option du programme » appelé par la commande « Spécial + Options » du menu principal. Pour commuter individuellement les symboles choisir « Changer le symbole » dans le menu contextuel associé au bloc considéré.

La fonction de transfert d'un bloc est définie par ses paramètres caractéristiques. Chaque bloc a son propre ensemble de paramètres. Certains d'entre eux sont affichés dans le schéma juste au-dessous du bloc et peuvent être édités en cliquant dessus. D'autres peuvent seulement être changés dans la boîte de dialogue décrivant les propriétés de simulation du bloc (appelée par un double clic sur le bloc). Les paramètres qui apparaissent sous le bloc peuvent être choisis à votre convenance. Chaque paramètre possède une valeur par défaut. Ces paramètres habituellement masqués dans le schéma sont néanmoins affichés si leurs valeurs ont été changées.

6.2 Objets associés à la connexion

Afin de garantir le flux de données on interconnecte les nœuds des éléments avec des lignes de commandes.

Elles se comportent presque comme des polygones (Cf. section « polygones »). Les différences sont détaillées ci-après :

- L'outil permettant de dessiner les lignes de commandes se trouve dans la région toujours visible de la palette. Mais il est aussi activé automatiquement, si vous placez la souris sur un nœud d'un élément qui n'est pas sélectionné.
- Pour tracer une nouvelle ligne de commande, commencez par cliquer avec la souris sur un nœud.
- Pour créer une ligne brisée, relâchez ponctuellement le bouton gauche de la souris, puis recliquez en vous dirigeant dans une autre direction.
- Pour interrompre une ligne, réaliser un double clic ou relâcher le bouton gauche de la souris sur le nœud final.

Attention : Un cliquer-glisser maladroit peut produire des segments très courts ou des brisures inutiles.

Par contre, les lignes de commandes disposent des mêmes modes de traitement que les polygones, par ex. le mode « Modifier les points » est actif par défaut.

Si vous déplacez un nœud, les nœuds connectés des autres lignes de commandes suivent automatiquement. Par contre les éléments, eux, ne se déplacent pas. En appuyant sur la touche MAJ (Shift) pendant le déplacement, les liens associés aux autres nœuds seront brisés.

Il est possible d'inverser ce comportement dans les options du programme. Dans ce cas le mode par défaut détachera les lignes et l'appui sur MAJ (shift) ne détachera pas les lignes.

Le formatage des lignes de commandes est possible par le biais des options de programme « Spécial+Options » [F12]. Le formatage individuel n'est pas possible.

Puisque les signaux de commandes ne peuvent transporter des données uniquement dans une direction, cela impose quelques contraintes de dessin. Les nœuds de sortie ne peuvent pas être connectés directement. Dans ce cas, SimApp détecte la collision modifie la couleur de la ligne en jaune et ne représente pas la pointe de la flèche. Dans ce cas particulier SimApp signale une erreur ou déclare une partie de système incomplète.

Nota : il est possible de retourner la flèche : dans le menu contextuel associé à la ligne ou grâce aux touches END et Home du clavier.

6.2.1 Addition, soustraction et inversion

Ajouter, soustraire ou inverser les signaux au moyen de sommateurs :

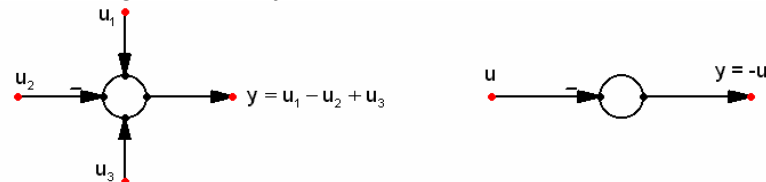


Figure 20 : Addition, soustraction et inversion

Les sommateurs peuvent disposer de plusieurs entrées sorties. Il est possible d'affecter plusieurs sorties à un sommateur mais dans ce cas elles possèdent toutes la même valeur.

La polarité d'un signal est déterminée par son signe. Le signe peut-être changé soit par le menu contextuel de la « ligne de commande », soit par appui sur les touches - et + du pavé numérique. Lorsque des difficultés de connexion entre une ligne et un sommateur surviennent, l'appui sur la touche ALT permet de résoudre le problème (cela neutralise temporairement l'alignement sur la grille).

6.2.2 Branche de prélèvement

La branche de prélèvement permet de distribuer, sans l'altérer, le signal transporté par la branche principale.

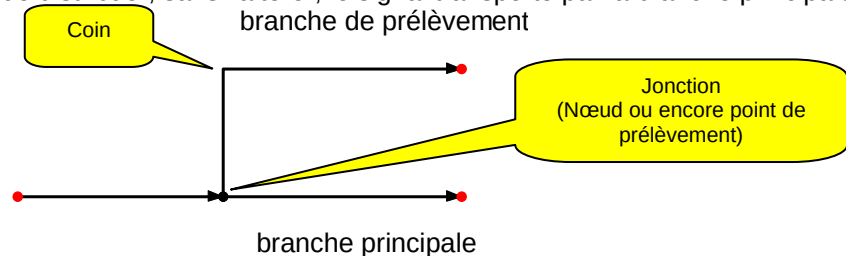


Figure 21 : Jonction

Les branches de prélèvement sont créées en plaçant avec le curseur l'origine d'une « ligne de commande » sur un coin ou un point quelconque d'un segment vertical ou horizontal d'une autre ligne (branche principale).

Lors de la création d'une branche de prélèvement, le signal transporté prend sa source au point de prélèvement et est transporté dans le sens de la flèche de la branche créée. Si vous avez besoin de modifier le sens de déplacement du signal, sélectionnez la ligne puis avec un clic droit faire apparaître le menu contextuel et sélectionnez 'changer de direction'.

Note : Si le changement de direction n'est pas autorisé ou inopportun la ligne sera déconnectée et un point rouge apparaîtra à son extrémité.

La déconnexion d'une branche se fait en appuyant sur la touche MAJ et en réalisant un cliquer-glisser sur le nœud puis en l'éloignant suffisamment de son lieu d'origine et enfin en relâchant le bouton de la souris une fois qu'une distance suffisante est atteinte.

Il est possible d'inverser ce comportement dans les options du programme. Dans ce cas le mode par défaut détachera les lignes et l'appui sur MAJ (shift) ne détachera pas les lignes.

De la même manière appuyer sur la touche MAJ, si vous désirez déplacer un bloc sans entraîner avec lui ses lignes de connexion.

6.3 Edition rapide

Il est possible d'éditer les paramètres et les titres des blocs dans le schéma sans ouvrir une boîte de dialogue.

6.3.1 Éditer les titres de bloc

En cliquant sur le titre, le texte entier est sélectionné. Placer le curseur par un second clic à l'endroit désiré. L'appui sur la touche Entrée indique à SimApp que l'édition est terminée. L'ajout de lignes au texte se fait par le biais de la combinaison CTRL+ Entrée. Pour déplacer le titre cliquer le texte et maintenir la touche ALT.

Nota : Après avoir changé le texte le titre est remplacé automatiquement. (A condition que cette possibilité soit validée les propriétés de l'élément.)

6.3.2 Modifier les paramètres

Cliquer directement sur la valeur du paramètre. Pour déplacer l'ensemble des paramètres cliquer dans le texte et maintenir la touche ALT.

Note : Après avoir changé des paramètres, l'ensemble est remplacé automatiquement. (A condition que cette possibilité soit validée dans les propriétés de l'élément.)

6.4 Propriétés associées au bloc

Cette boîte de dialogue contient toutes les propriétés et les options qui concernent les paramètres spécifiques de simulation de l'objet. Son ouverture se fait par le biais de l'option « *Propriétés de simulation* » du menu contextuel du bloc ou par un double clic dans le bloc.

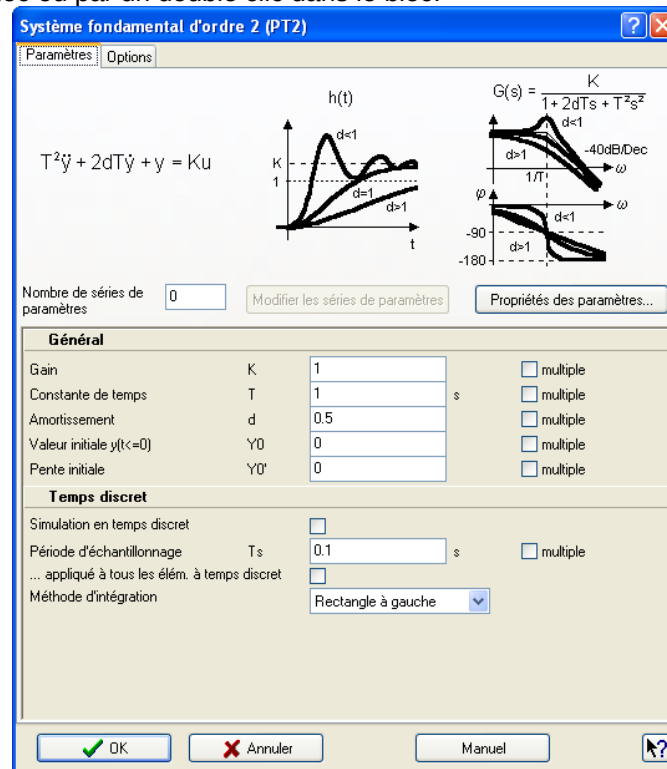


Figure 22 : Propriétés de simulation du bloc PT2

La zone de dialogue contient deux onglets. La plupart des paramètres (bien souvent tous) apparaissent sous l'onglet *Paramètres*. Sous l'onglet « *Options* » il est possible de modifier les options d'affichage. Quelques blocs particuliers possèdent d'autres onglets réservés à des paramétrages additionnels. Les critères : « *Nombre de séries de paramètre* » et le bouton « *Modifier les séries de paramètre* » sont à renseigner lorsque vous cochez « *multiple* » en face d'un paramètre caractéristique du bloc (voir chapitre *Variation des paramètres*).

6.4.1 Propriétés de paramètres

Sous l'onglet Paramètres on ne peut changer que les valeurs numériques des paramètres. Mais il est néanmoins possible de les personnaliser en changeant leur nom, leur unité, leur symbole, etc... Il suffit d'appuyer sur le bouton « Propriétés des paramètres ».

Figure 23 : Propriétés des paramètres

Placer 0 (zéro) comme *Valeur entrée minimale* ou *maximale* précise au logiciel que ces paramètres peuvent prendre n'importe quelles valeurs (pas de limitation). L'option *Afficher dans le dessin* permet de rendre le paramètre visible ou non dans le schéma.

L'item « *Formule* » est employé dans le cas de blocs faisant partie d'un bloc personnalisé. Elle définit les relations entre les paramètres des différents blocs fils et les paramètres d'entrée sortie du bloc père (bloc personnalisé). (Voir plus d'informations par la suite dans ce manuel chapitre 10)).

6.4.2 Unités

SimApp reconnaît les unités suivantes par défaut :

Temps	ps	ns	μ s	ms	s	min	h	d (jour)	a (année)			
Pente	ps^{-1}	ns^{-1}	μs^{-1}	ms^{-1}	s^{-1}	min^{-1}	h^{-1}	d^{-1}	a^{-1}			
Fré- quence	$\mu\text{rad/s}$	μHz	mrad/s	mHz	rad/s	Hz	krad/s	kHz	Mrad/s	MHz	Grad/s	GHz

Les unités de base sont représentées en gras (unités S.I.).

SimApp reconnaît uniquement ces unités et utilise en interne les facteurs de conversion appropriés.

Une paire de boutons « haut/bas » apparaît si l'unité éditée dans la boîte contient une unité non adaptée (multiple ou sous multiple). Appuyer sur ces touches simplement pour changer entre les unités du même type.

Si SimApp rencontre une unité inconnue, il emploie la valeur numérique telle quelle. Par exemple, si "y" et tapée au lieu de "a" pour indiquer une année, SimApp emploie l'unité de base associée au temps "s" (des secondes).

Attention à la casse ! Par exemple si "h" est indiqué au lieu de "H" (Henry) unité de l'induction électromagnétique, la valeur est identifiée comme des heures et SimApp la multiplie par 3600 pour la transformer en secondes (s) l'unité de base du temps. En tant que "H" l'unité n'est pas reconnue comme unité par défaut et la valeur numérique associée est utilisée telle quelle.

6.4.3 Options

Dans l'onglet Options, vous pouvez modifier le titre du bloc en modifiant le texte par défaut dans la fenêtre d'édition intitulée « *Ligne de titre* ». On peut aussi déterminer quels items associés à chaque paramètre sont à afficher dans le schéma.

Par défaut, le symbole mathématique, la valeur et l'unité sont affichées.

6.4.4 Etiquettes d'objets et de lignes

Il est important d'annoter vos schémas fonctionnels soigneusement. Les noms des objets et des « lignes de commande » sont également utilisés dans les diagrammes de Bode et de Nyquist ainsi que dans les tableaux de données.

Chaque élément doit posséder un nom qui est ensuite utilisé comme titre et placé au-dessus du symbole de bloc. Le nom par défaut correspond à la fonction de base du bloc. Il est conseillé de changer le nom de base du bloc de sorte qu'il décrive plus précisément la fonction qu'il effectue.

Un réservoir d'eau peut être modélisé par un intégrateur, il faut changer par conséquent le nom de l'intégrateur en 'réservoir d'eau'.

Les signaux portent le nom du bloc duquel ils sortent. Si un bloc a plusieurs sorties, tous les signaux porteront le même nom. Pour changer le nom des différents signaux, employer la fonction « *Nom du nœud* » du menu contextuel associé aux nœuds de sortie du bloc (le bloc ne doit pas être sélectionné). Après avoir choisi un nom, le placer correctement sur le dessin éventuellement en appuyant sur la touche ALT (ce qui permet de désactiver temporairement la fonction d'attraction de la grille).

Régulation de niveau

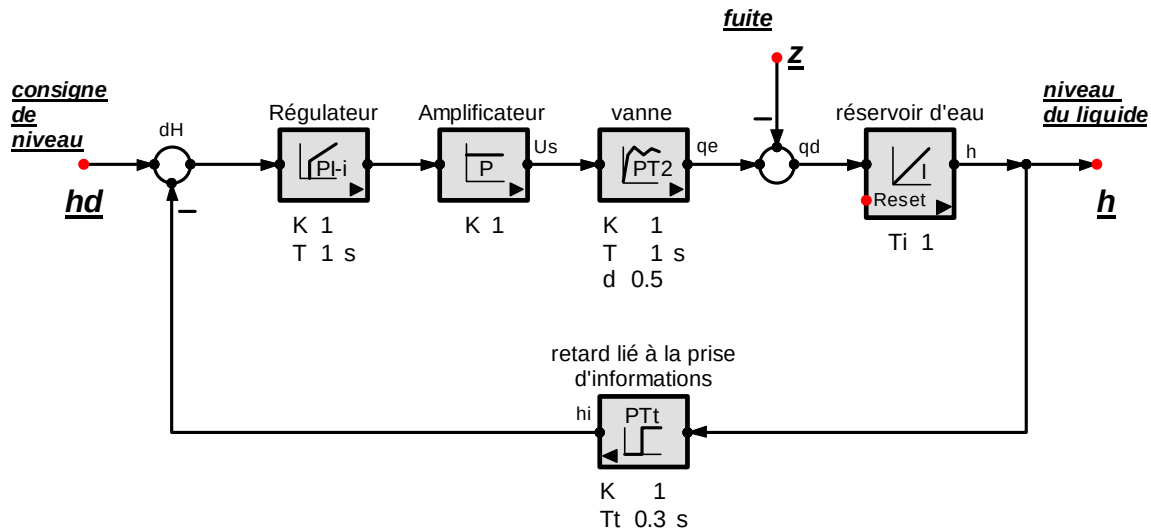


Figure 24 : Exemple d'étiquetages d'objets

Les nœuds des éléments fonctionnels peuvent être étiquetés en cliquant avec le bouton droit de la souris (menu contextuel).

Les nœuds (extrémités ou coins) des « lignes de commande » ne peuvent pas être étiquetés.

Le nœud de sortie d'un sommateur ne peut pas être étiqueté. Employer, à la place, la « ligne de titre » dans les « Propriétés de simulation » du menu contextuel de l'objet.

Le texte en Gras, italique et souligné dans la figure ci-dessus n'est pas associé à l'étiquette d'un objet.

7. SIMULATION FREQUENTIELLE

Dans l'exemple d'initiation nous avons appris les concepts de base de la simulation fréquentielle. Dans ce chapitre nous allons nous familiariser avec l'utilisation des sondes fréquentielles et la configuration des paramètres de contrôle de la simulation.

7.1 Modéliser le système

Les premières étapes de la simulation fréquentielle consistent en la construction d'un schéma fonctionnel et en la configuration des paramètres de chaque bloc.

Nota : On ne peut employer ici que des éléments linéaires ou des éléments discrets (qui sont également des éléments linéaires).

Nota : Il existe quelques éléments appartenant à la page « *Non linéaire* » de la palette qui demeurent utilisables (par exemple : *Elément d'arithmétique*, *Elément de fonction à une ou deux entrées*). Si on choisit une fonction linéaire son emploi est possible.

7.2 Sondes fréquentielles

Après avoir modélisé le système on peut déterminer le sous-ensemble à tester.

Le cas le plus simple est constitué d'un système avec une seule entrée pour lequel on recherche la réponse. Dans ce cas, aucune sonde n'est nécessaire, il suffit cliquer sur le bouton « Démarrer la simulation fréquentielle ».

Au moyen des sondes fréquentielles, il est possible de déterminer la réponse de n'importe quel sous-ensemble du système, même lorsque le sous-ensemble ne possède pas ses propres entrées / sorties.

Fréquence

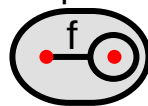


Figure 25 : Sonde fréquentielle

Chaque sonde possède deux bornes. La borne gauche envoie un signal sinusoïdal qui alimente le système. La borne droite est une entrée de la sonde qui peut être reliée à plusieurs noeuds du système.

La borne droite de la sonde est l'entrée de mesure. Pour relier des sondes aux noeuds du système, il faut utiliser des « lignes de commande ». Le signal de sortie de la sonde (émis par la borne gauche) peut être injecté dans le système à n'importe quel noeud indépendamment du fait qu'il soit alimenté par un autre noeud du système car SimApp désactive toutes les autres sorties. On peut employer autant de sondes que l'on veut. Une sonde est nécessaire pour chaque stimulation. Toutes les réponses sont affichées sur le même diagramme, cela permet une comparaison facile. Les noms des sondes apparaissent dans la légende du diagramme et comme tête de colonne dans les tableaux de données. SimApp gère chaque sonde de manière unique en ignorant les autres sondes éventuellement placées ailleurs sur le système.

Une utilisation courante des sondes est d'analyser les boucles ouvertes et fermées d'un système de contrôle automatique :

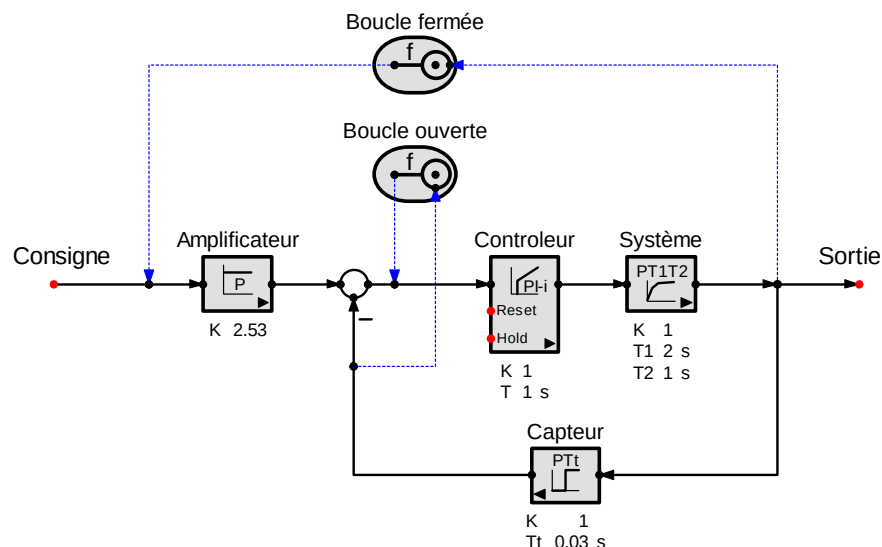


Figure 26 : Exemple d'utilisation de sondes fréquentielles

Remarques :

- Les entrées et les sorties du système sont identifiées par des noeuds rouges. Si d'autres noeuds rouges apparaissent cela signifie qu'ils ne sont reliés à aucun autre noeud. Ceci a pu se produire lors d'un placement incorrect des noeuds.
- Le système ne doit pas avoir de courts-circuits ou de noeud ne recevant aucun signal. Si SimApp trouve de telles erreurs, tous les raccordements et les lignes incorrects apparaissent en jaune.
- Pour des simulations fréquentielles, seuls les éléments linéaires et les fonctions temporelles continues échantillonnées sont autorisés. Les éléments non linéaires sont interdits.
- les boucles à retour unitaire sont permises (contrairement à la simulation temporelle). Si une simulation mixte (fréquentielle et temporelle) est envisagée, il est nécessaire d'insérer dans la boucle de retour un retard factice comme par exemple un bloc *PTt*. (Pour plus d'informations, se référer au chapitre *Simulation temporelle* chapitre 8).
- Si le système a une seule entrée et une ou plusieurs sorties, aucune sonde n'est nécessaire. Pour chaque sortie, une simulation complète est réalisée. Les entrées munies de sources ne sont pas traitées par SimApp.
- Pour des simulations fréquentielles aucune source n'est nécessaire. S'il en existe une, elles sont omises par SimApp, et de plus elles cachent le noeud associé à l'entrée.
- Il est recommandé d'étiqueter chaque sonde avec un nom qui lui est propre. Ceci permettra d'obtenir une meilleure vue d'ensemble des résultats.

7.3 Options de la simulation fréquentielle

Il est possible de contrôler la simulation par le biais de paramètres et d'options accessibles par la fenêtre « Options de la simulation fréquentielle » accessible par le bouton  , par le menu « Simulation Fréquentielle + Options » ou par le menu contextuel.

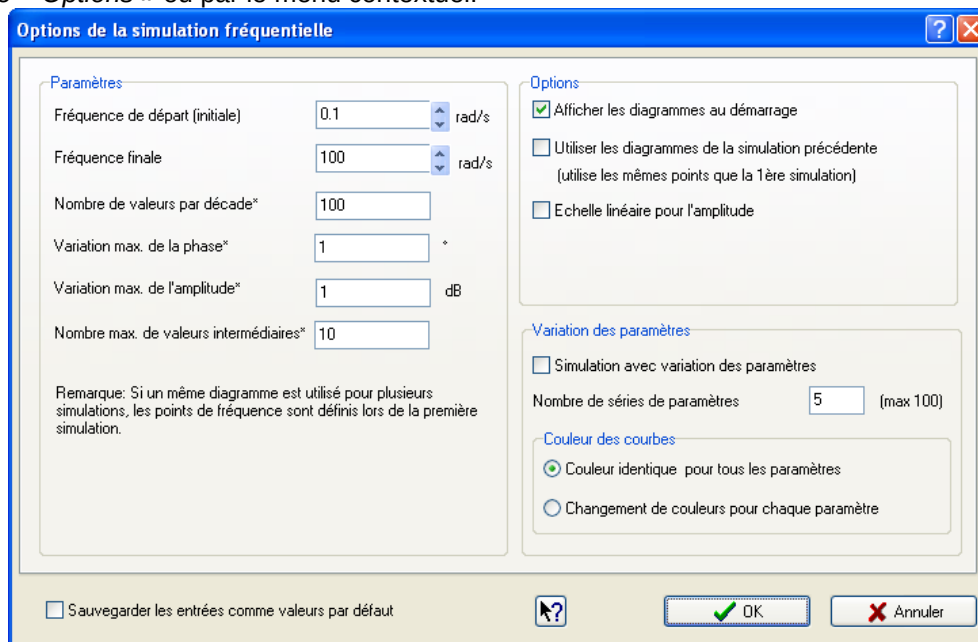


Figure 27 : Paramètres et options pour les simulations fréquentielles

Préciser un intervalle fréquentiel d'étude (pulsation minimale et maximale, l'unité pouvant être modifiée). Choisir votre pas de calcul (nombre de points de calcul par décade). Généralement, la réponse fréquentielle évolue beaucoup d'une décade à l'autre, particulièrement pour la courbe de phase.

Pour obtenir une bonne résolution, il faut augmenter le nombre de valeurs par décade. Mais ceci a l'inconvénient de prendre beaucoup de place mémoire. En conséquence, avant d'augmenter la résolution, il est intéressant d'essayer d'optimiser les trois paramètres qui suivent dans la colonne. Ils permettent de diminuer le nombre de points par décade dans les zones où les courbes évoluent très peu. Lorsque cela est possible, il est donc intéressant de diminuer la différence entre les valeurs mesurées pour deux points de calcul adjacents. Ces différences sont indiquées dans les options « Variation max. de la phase » et « Variation max. de l'amplitude ». Des points supplémentaires sont ainsi insérés dans les pages de courbes où de grandes variations sont constatées.

Pour plus d'informations employer l'aide contextuelle (?) ou se référer au chapitre Variation des paramètres.

7.4 Démarrer la simulation fréquentielle

Démarrer la simulation en cliquant sur le bouton  « Démarrer la simulation fréquentielle » ou en utilisant le menu : « Simulation Fréquentielle + Démarrage ». Le temps de calcul dépend de la taille du système et de la configuration des paramètres de la simulation. Pendant le calcul, il est possible de travailler sur d'autres schémas et même d'exécuter d'autres simulations.

7.5 Résultats

7.5.1 Diagrammes

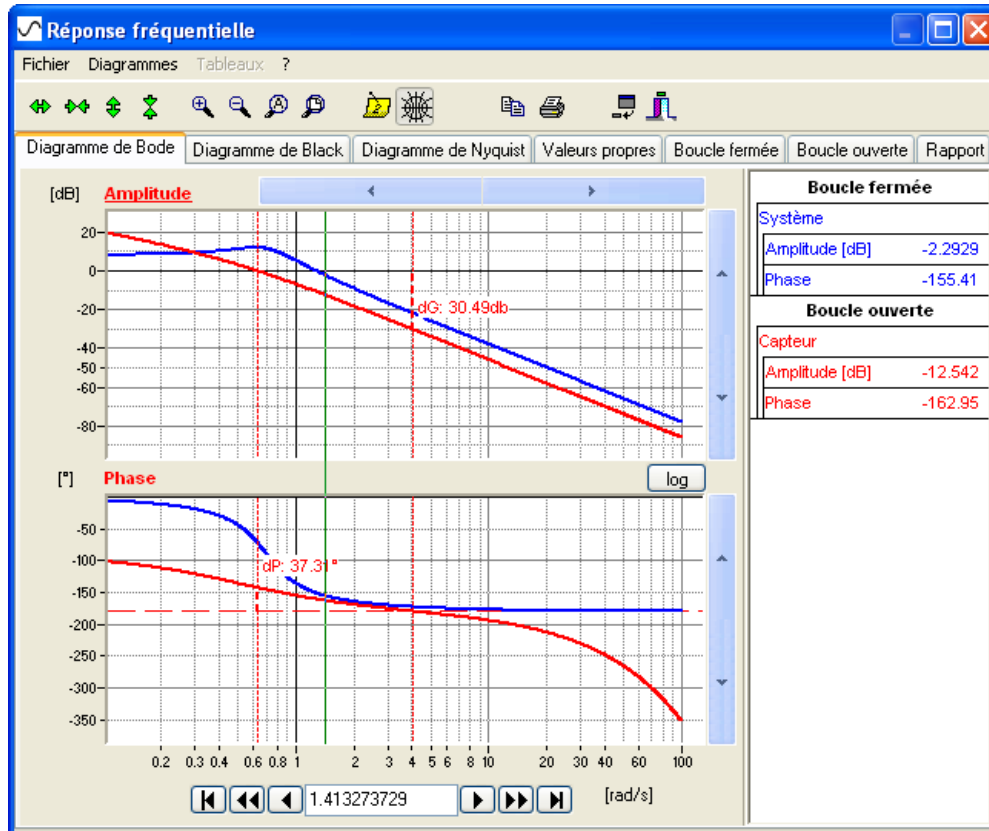


Figure 28 : Diagrammes de Bode

Un diagramme peut afficher plusieurs courbes, chacune possède sa propre couleur et son propre menu contextuel associé aux configurations d'affichage (clic droit sur la courbe). Plusieurs courbes peuvent se superposer. Pour sélectionner un type de diagramme cliquer sur l'onglet associé (Bode, Black, Nyquist).

La barre d'outils contient plusieurs boutons associés au traitement de l'affichage. Il est possible de zoomer, dézoomer, décaler un diagramme. Les outils traitent toujours le diagramme actif, qui est sélectionné en le cliquant.

Le curseur peut également servir à zoomer. Il suffit de dessiner (par un cliquer-glisser) un cadre autour de la région à agrandir. Le zoom arrière s'effectue en cliquant sur le bouton zoom arrière dans la barre d'outils.

Le diagramme de Bode possède un curseur vertical (ligne verte) permettant la mesure de coordonnées, Celui de Black et Nyquist un curseur se déplace sur la courbe avec l'aide des flèches de clavier par exemple. Le déplacement de la ligne et des curseurs peut aussi se réaliser grâce au navigateur placé au bas de la fenêtre. La ligne peut également être déplacée à la souris. Les ordonnées des points courants sont affichées dans la légende (colonne de droite), l'abscisse est affichée au centre du navigateur. La ligne et le(s) curseur(s) de mesure se déplacent en fonction du pas de calcul de la simulation. La légende est hiérarchiquement structurée, il y apparaît un item pour chaque sonde placée dans le schéma.

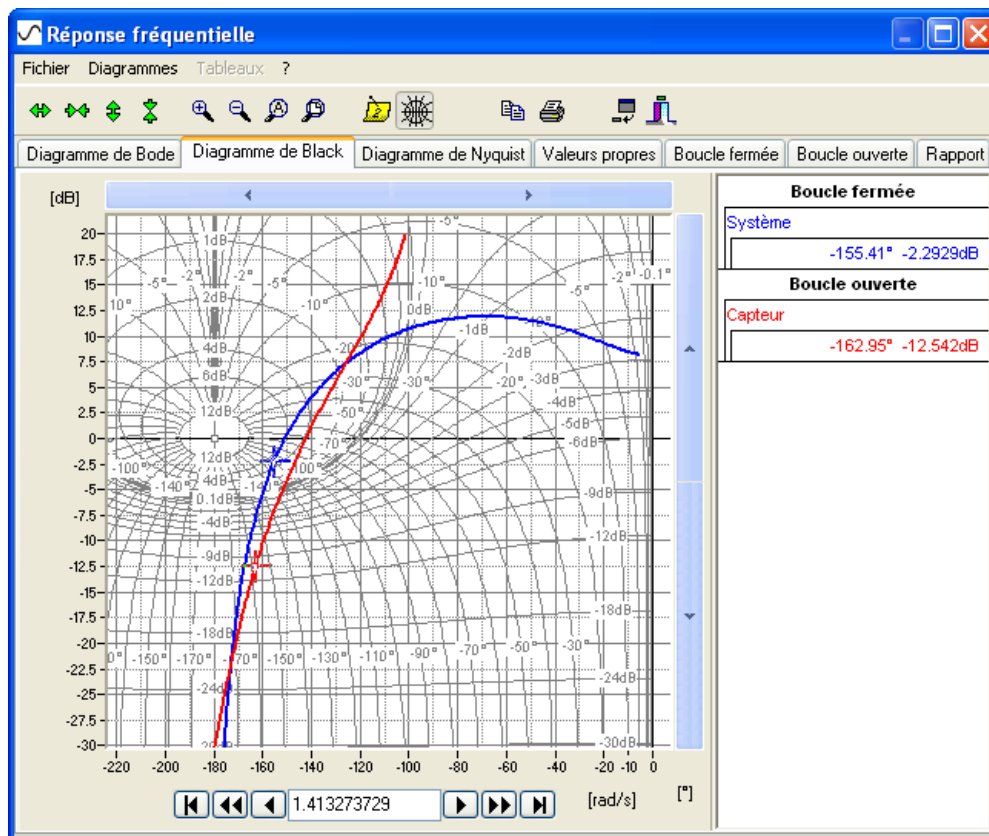


Figure 29 : Diagrammes de Black

7.5.2 Effets spéciaux

La réponse en fréquence est calculée numériquement. Cette méthode possède quelques effets particuliers :

7.5.2.1 Erreur de phase constante

Le calcul de la phase à partir de valeurs complexes (réelles + imaginaires) emploie la fonction atan [1]. La fonction atan est définie à $\kappa\pi$ près, mais on supposera que la courbe est située dans l'intervalle $\pm 180^\circ$. Si la phase n'est pas dans cette gamme, SimApp ne peut pas l'identifier et produit une erreur de phase constante sur la gamme entière de fréquence d'un multiple de 360° . Il est tout de même possible d'étudier un tel système en y insérant en série une chaîne de trois intégrateurs. SimApp montrera alors une phase de 90° au lieu de -270° .

7.5.2.2 Phase incorrecte

Si la chute de phase est très rapide, la différence de phase entre deux abscisses successives peut excéder $\pm 180^\circ$. La fonction atan ayant une définition à $\kappa\pi$ près, SimApp va produire des valeurs de phase incorrectes pour chaque fréquence instantanée et peut même forcer la réponse de phase dans une fausse direction. Mais cet effet peut facilement être identifiable dans les diagrammes. Il se produit habituellement si les systèmes contiennent éléments à retards.

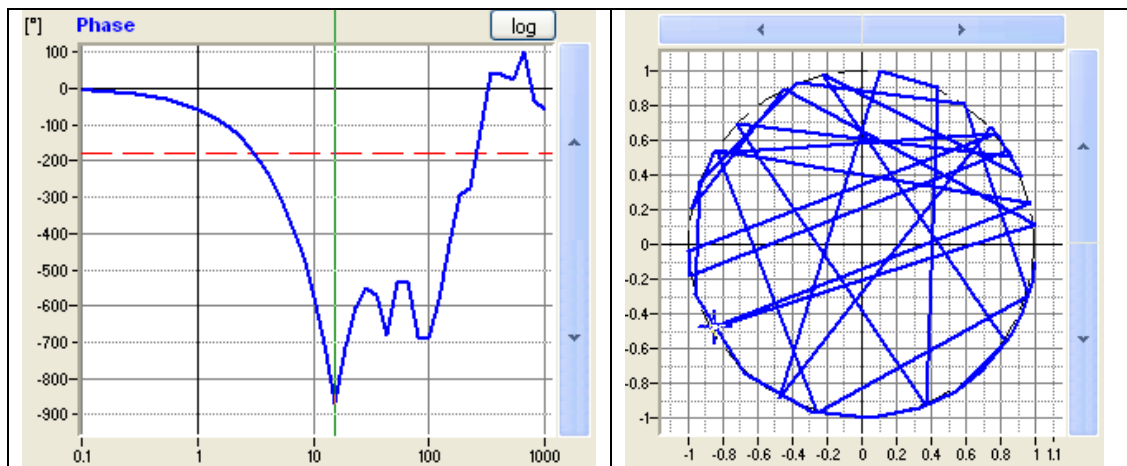


Figure 30 : Réponse de phase incorrecte d'un Block Retard (PTt)

Sur la figure 30 on découvre la réponse fréquentielle d'un bloc Retard. Dans la gamme de fréquence au-dessus de 8 rad/sec, la courbe de phase devient incorrecte. Dans le diagramme de Bode, la tendance négative de la courbe s'inverse en devenant positive ! et le diagramme de Nyquist aurait tendance à montrer un disque parfait. Cet effet peut être réduit en augmentant le nombre de points par décade ou le nombre maximum de points intermédiaires si la différence de phase est trop brutale.

Il est à noter cependant que cet effet se produit habituellement pour les hautes fréquences et seulement pour des baisses de phases de 1000 à 2000°, donc pas dans la gamme de fréquence usuelle. On peut éliminer cet effet simplement en réduisant la fréquence de coupure.

7.5.3 Valeurs propres (pôles)

Les valeurs propres sont calculées pour chaque sous-ensemble (déterminé par une sonde de fréquence) et montrées dans une table.

Réponse fréquentielle		
Fichier Diagrammes Tableaux ?		
Diagramme de Bode Diagramme de Black Diagramme de Nyquist Valeurs propres Boucle fermée Boucle ouverte Rapport		
	Boucle fermée	Boucle ouverte
0	7166.2+0j	-690.84+4680.2j
1	-8571.7+0j	-690.84-4680.2j
2	82.822+0j	44.52+85.588j
3	-13.126+57.912j	44.52-85.588j
4	-13.126-57.912j	-53.674+38.726j
5	-50.874+0j	-53.674-38.726j
6	-0.24245+0.66336j	0+0j
7	-0.24245-0.66336j	-0.5+0j
8	-1+0j	-1+0j

Figure 31 : Valeurs propres

Chaque sonde possède sa propre colonne.

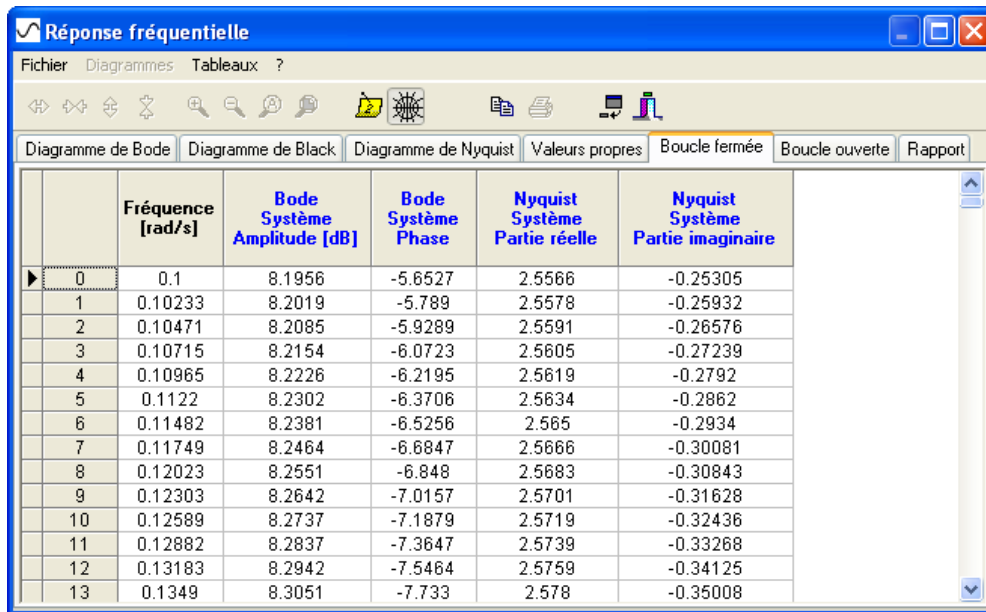
Notes :

- Les valeurs propres sont seulement calculées pour des systèmes linéaires continus et invariants et dépourvus de blocs *Retard*. Un moyen permet de trouver un compromis en modélisant de tels blocs par une approximation de Padé.
- Ces parties de système qui n'ont aucun effet sur la sortie seront omises donc non utilisées lors du calcul.
- Si le système admet plusieurs sorties, les valeurs propres sont valables pour des sous-ensembles qui peuvent, eux aussi, contenir d'autres sous-ensembles. Si vous avez besoin des valeurs propres d'un seul sous-ensemble, Il faut relier une sonde fréquentielle uniquement à l'entrée et à la sortie ce sous-ensemble.

7.5.4 Table de données

Une table de données est éditée pour chaque sonde fréquentielle. Cette table recueille toutes les données pour les diagrammes de Bode, Black et de Nyquist.

Note : La colonne associée aux fréquences est habituellement différente pour chaque sonde car elle représente des mesures différentes qui n'ont pas besoin d'avoir la même quantité de points intermédiaires de calcul.



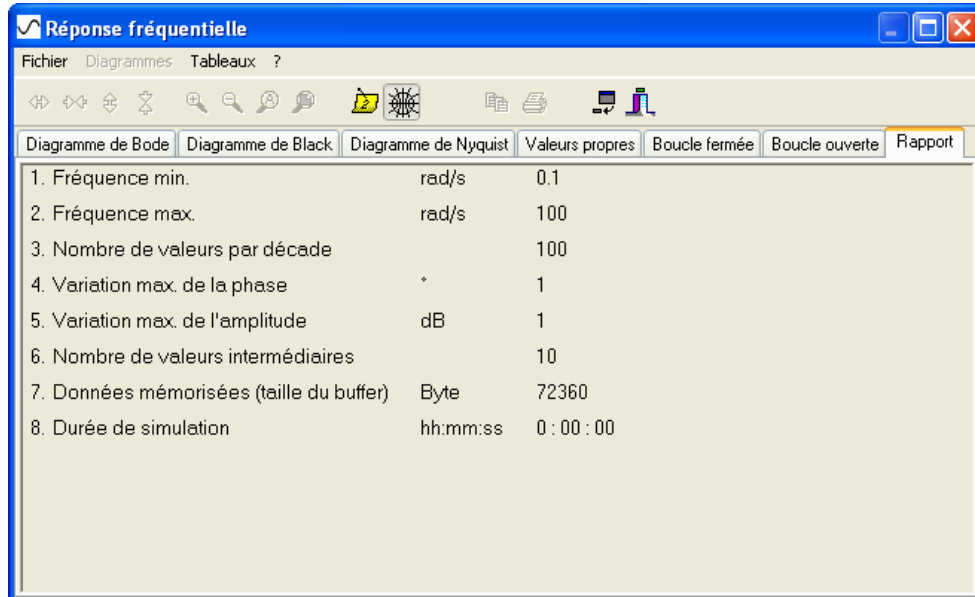
	Fréquence [rad/s]	Bode Système Amplitude [dB]	Bode Système Phase	Nyquist Système Partie réelle	Nyquist Système Partie imaginaire
0	0.1	8.1956	-5.6527	2.5566	-0.25305
1	0.10233	8.2019	-5.789	2.5578	-0.25932
2	0.10471	8.2085	-5.9289	2.5591	-0.26576
3	0.10715	8.2154	-6.0723	2.5605	-0.27239
4	0.10965	8.2226	-6.2195	2.5619	-0.2792
5	0.1122	8.2302	-6.3706	2.5634	-0.2862
6	0.11482	8.2381	-6.5256	2.565	-0.2934
7	0.11749	8.2464	-6.6847	2.5666	-0.30081
8	0.12023	8.2551	-6.848	2.5683	-0.30843
9	0.12303	8.2642	-7.0157	2.5701	-0.31628
10	0.12589	8.2737	-7.1879	2.5719	-0.32436
11	0.12882	8.2837	-7.3647	2.5739	-0.33268
12	0.13183	8.2942	-7.5464	2.5759	-0.34125
13	0.1349	8.3051	-7.733	2.578	-0.35008

Figure 32 : Table de données

Ces tables de données peuvent être copiées globalement ou par parties en choisissant les lignes ou les colonnes désirées. Les données de la colonne *Fréquence* sont toujours copiées même si elles ne sont pas sélectionnées.

7.5.5 Rapport

Le rapport montre la configuration des paramètres de commande et quelques données statistiques de la simulation en cours.



1. Fréquence min.	rad/s	0.1
2. Fréquence max.	rad/s	100
3. Nombre de valeurs par décade		100
4. Variation max. de la phase	°	1
5. Variation max. de l'amplitude	dB	1
6. Nombre de valeurs intermédiaires		10
7. Données mémorisées (taille du buffer)	Byte	72360
8. Durée de simulation	hh:mm:ss	0 : 00 : 00

Figure 33 : Rapport

8. SIMULATION TEMPORELLE

Dans l'exemple d'initiation vous avez été sensibilisés aux concepts de base de la simulation temporelle. Dans ce chapitre vous découvrirez l'utilisation des sondes temporelles, des graphiques en XY et comment configurer les paramètres de la simulation.

8.1 Modéliser le système

Avant d'aborder proprement dit la simulation, les premières étapes consistent à construire le schéma fonctionnel et à configurer les paramètres associés à chaque bloc. Contrairement à la simulation fréquentielle, il n'y a pas de limitation aux éléments linéaires purs. Il est possible d'employer maintenant n'importe quel type d'éléments de la palette.

8.2 Insertion des signaux d'entrée (sources) et utilisation des sondes temporelles

Pour la simulation temporelle, il est nécessaire d'employer des sources qui vont stimuler le système et des sondes temporelles ou en XY (voir paragraphe suivant) qui vont mesurer les réponses à divers nœuds du schéma.

Attention, les sondes temporelles ne sont pas toujours nécessaires. En effet si certains nœuds de sortie ne sont pas reliés (représentés en rouge), ils sont alors l'objet d'un enregistrement automatique.

Pour les simulations fréquentielles, les sondes servaient également de sources de signaux sinusoïdaux, pour des simulations temporelles, il est possible d'utiliser des signaux de formes plus variées (Les systèmes réels possédant quant à eux habituellement plus d'une source).

Les sondes temporelles possèdent une borne d'entrée qui peut être reliée à plusieurs nœuds du système.

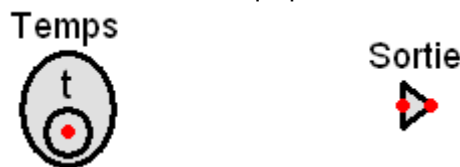


Figure 34 : Sonde temporelle et élément de sortie

Il est nécessaire d'employer des « lignes de commande » pour relier des nœuds du système aux sondes temporelles. Les « lignes de commande » qui relient les sondes au système possèdent une représentation graphique particulière. Les entrées du système (représentées par des nœuds rouges, en dehors de ceux appartenant à des blocs personnalisés) sont actives mais non alimentées (en fait alimentées par un zéro). Généralement, on trouve une source de stimulation principale placée à l'entrée de référence et d'autres sources facultatives comme par exemple des entrées associées à des perturbations.

Vous pouvez utiliser l'item « *élément de sortie* » si vous désirez modifier l'échelle et/ou nommer selon votre volonté un signal lors de son affichage dans un diagramme. En utilisant des *éléments de sorties* les sorties sont aussi plus facilement identifiables sur le schéma de votre modèle.

Si aucune sonde n'est disponible, toutes les sorties apparaissant en rouge sont relevées par une sonde non représentée (sonde temporelle fictive). Si par contre vous placez au moins une sonde dans le schéma toutes les sorties non connectées à cette sonde sont omises.

Comme indiqué plus haut, il n'est pas obligatoire d'utiliser des sondes temporelles. Mais quand votre schéma dispose de beaucoup de sorties et que vous désirez seulement en analyser certaines, il est avantageux de relier celles-ci à une sonde temporelle afin que le diagramme ne soit pas surchargé de courbes inutiles.

Chaque sonde temporelle produit, contrairement aux sondes fréquentielles, son propre diagramme. Alors, plusieurs sondes temporelles sont nécessaires si vous voulez représenter un ensemble de sorties.

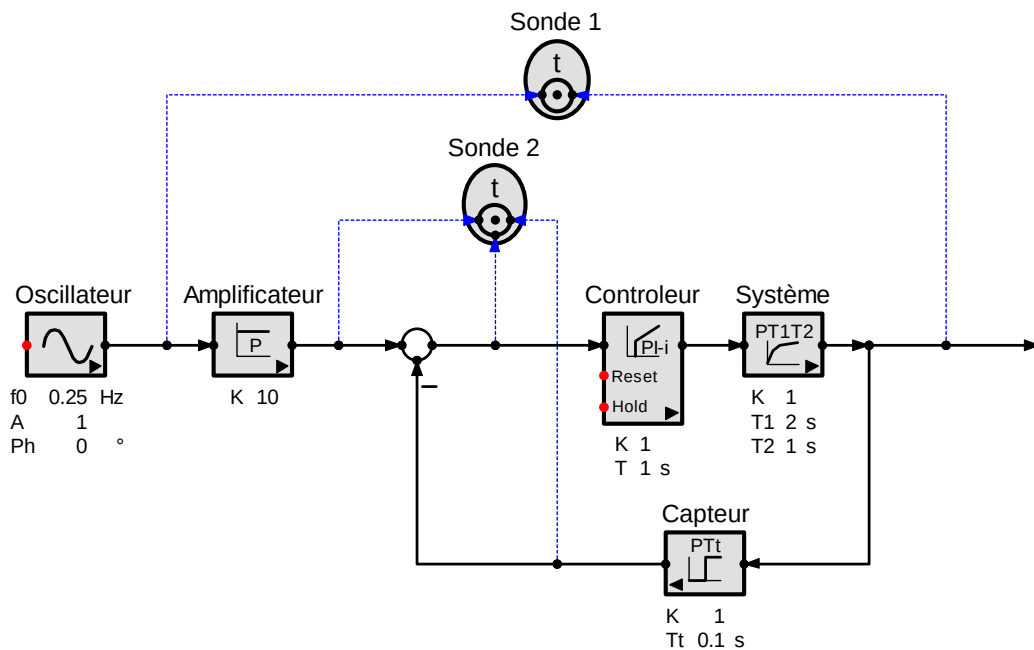


Figure 35 : Exemple d'utilisation de sondes temporelles

8.3 Grouper les sources

Les sources peuvent être associées à des groupes. (Ne pas les confondre avec des regroupements d'entités graphiques). L'appartenance d'une source à un groupe particulier est définie grâce à son numéro de groupe. Le numéro du groupe est affiché seulement s'il existe des groupes multiples (affichage effectif si le numéro de groupe est supérieur à 0).

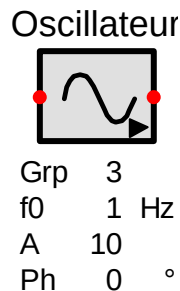


Figure 36 : Source munie d'un numéro de groupe (Grp 3)

Pour chaque groupe SimApp lance une simulation qui lui est dédiée. Les sources n'appartenant pas au groupe courant sont alors mises à zéro. Par contre toutes les réponses sont affichées dans le même diagramme de sorte qu'il est possible de comparer les résultats issus de stimulations différentes.

Les sources du groupe numéroté 0 sont particulières, en effet, elles sont communes à tous les groupes. Par exemple, vous pouvez employer la source du groupe 0 comme entrée principale et deux autres sources de groupes différents (1 et 2 par exemple) comme entrées associées à une perturbation. SimApp exécutera deux simulations, d'abord la source principale (Gp 0) avec la perturbation 1 et puis la source principale (Gp 0) avec la perturbation 2 et montrera les résultats dans le même diagramme.

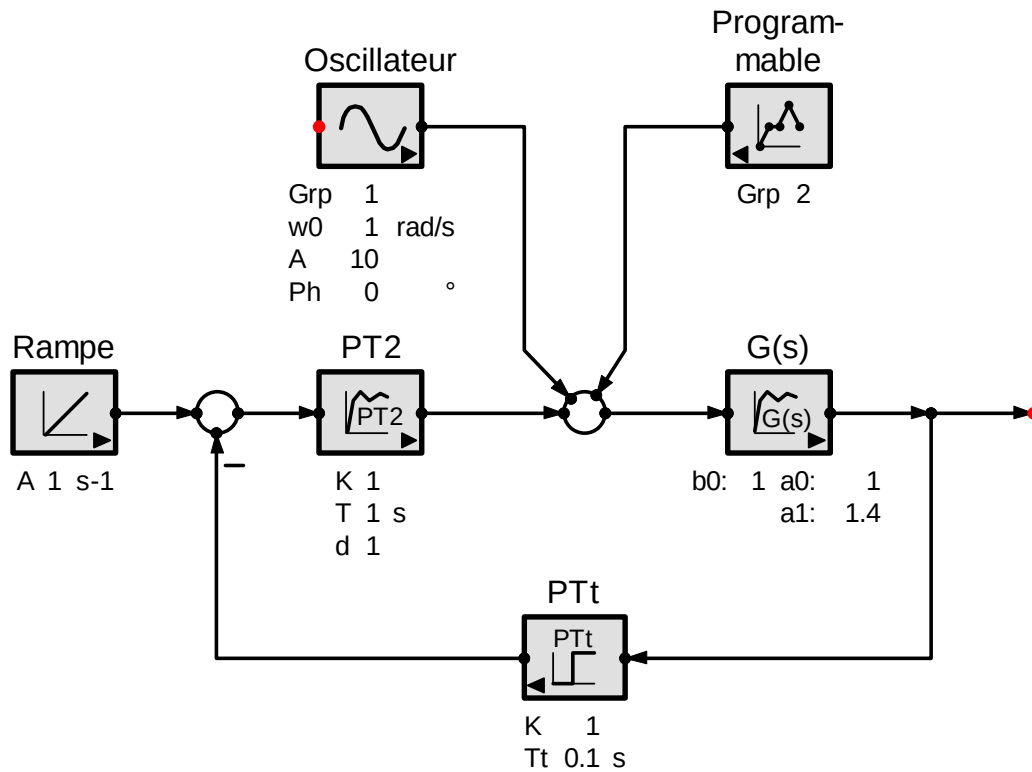


Figure 37 : Exemple de groupes multiples

8.4 Remarques relatives à la simulation temporelle

Les entrées et les sorties du système sont représentées par un nœud rouge. Si d'autres nœuds apparaissent en rouge, cela signifie qu'ils ne sont pas correctement connectés. Cela se produit lors de placements approximatifs (souvent en dehors de la grille globale).

Le système ne doit pas posséder de courts-circuits ou de nœuds ne recevant aucun signal. Si SimApp trouve de telles erreurs, les raccordements incorrects et les « lignes de commande » apparaissent en jaune.

Les parties de système qui n'ont aucun effet sur les sorties mesurées sont ignorées par la simulation.

Contrairement à la simulation fréquentielle, les boucles à retour unitaire ne sont pas autorisées. Dans tels les cas, il faut insérer dans la boucle un bloc de type *PT1* ou *PTt* fictifs avec une constante de temps ou un retard suffisamment petits afin de ne pas perturber le comportement du système. Ceci impose de diminuer le « *Pas d'intégration* » (approximativement $1/10$ de la constante de temps la plus faible présente dans le système).

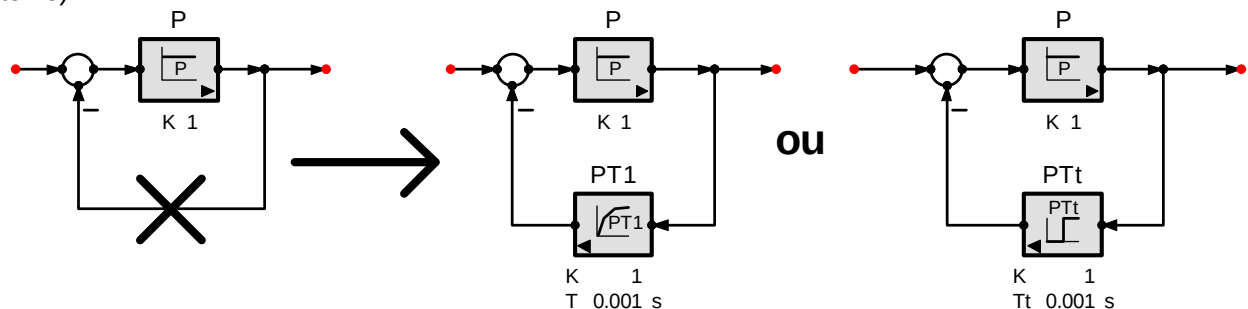


Figure 38 : Éviter les boucles à retour unitaire

8.5 Graphiques en XY

Les graphiques en XY sont utilisés pour les représentations de données bidimensionnelles. L'emploi simultané des sondes temporelles et des graphiques en XY est possible. Les résultats sont affichés dans la même fenêtre de données mais dans des diagrammes différents.

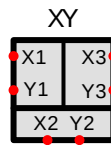


Figure 39 : Graphique en XY

Le graphique en XY réalise des tracés élaborés à partir des données entrées en x et en y (courbes paramétrées). La sonde possède trois canaux d'entrées il est donc possible de montrer jusqu'à trois tracés sur le même diagramme. Les canaux laissés libres sont considérés simplement comme non utilisés. Les tracés peuvent être imprimés. L'information liée au paramètre temps est accessible par le biais des tableaux de données.

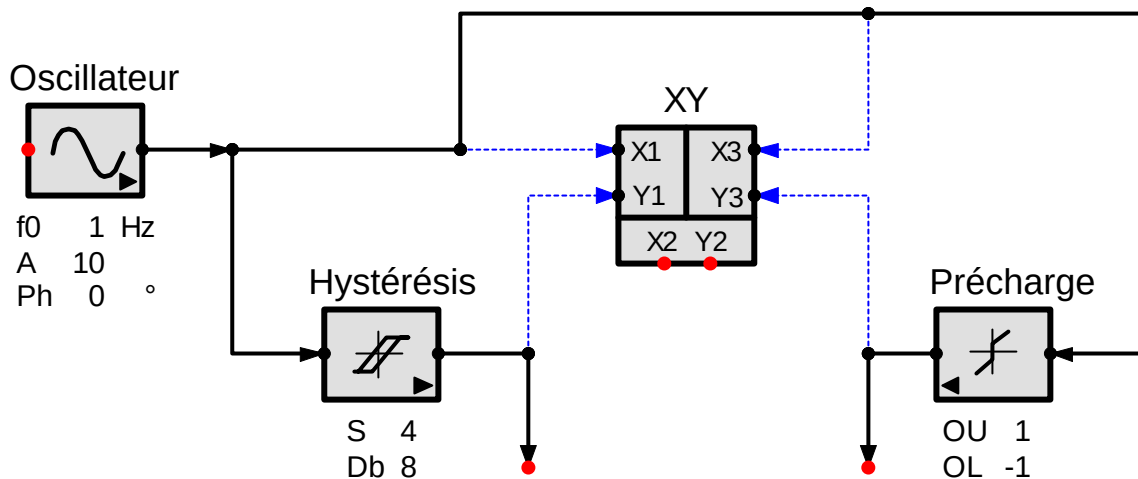


Figure 40 : Comparaison entre les caractéristiques d'un hystérésis et d'une précharge grâce à un graphique en XY

8.6 Options de la simulation temporelle

Il est possible de contrôler la simulation par le biais de paramètres et d'options accessibles par la fenêtre « Options de la simulation temporelle » accessible par :

- le bouton  ,
- le menu « Simulation temporelle + Options »
- le menu contextuel.

Figure 41 : Paramètres et options pour les simulations temporelles

Pour démarrer, entrer une valeur dans Durée de simulation. (La simulation commence toujours à l'instant $t=0$).

Intégration Numérique :

La simulation est traitée par intégration numérique d'équations différentielles qui ont été définies dans le schéma fonctionnel.

La durée de simulation est divisée en intervalles de temps réduits de longueur égale (Pas d'intégration). Entre chaque point de calcul la courbe réelle est approximée par un segment de droite. La façon de calculer ces segments diffère entre les différentes méthodes d'intégration. La précision dépend de la méthode et du pas choisis. Un petit pas d'intégration et l'utilisation d'approximations complexes mèneront à plus d'exactitude mais aussi à de plus longues durées de calcul.

Le pas optimal dépend seulement du système simulé (mais aussi des capacités de votre machine !). Les systèmes difficiles, ayant tendance à l'instabilité, peuvent nécessiter quelques tentatives avant de découvrir la meilleure méthode et le meilleur pas d'intégration. En règle générale, suivre ces directives :

- Employer un pas qui est plus petit que la plus petite constante de temps du système. Pour de bons résultats employer un pas qui est 10 fois plus petit. Il est possible d'estimer rapidement une valeur grossière du pas si vous connaissez le type de système étudié. Par exemple, pour des systèmes de chauffage les constantes de temps sont de l'ordre de la seconde voire de l'heure. Pour les moteurs elles sont de l'ordre de la micro à la milliseconde.
- La constante de temps d'un retard pur doit être exactement un multiple du pas d'intégration. Si ce n'est pas le cas, Le calcul la fera varier d'un intervalle en positif ou en négatif. Si elle est plus petite que la moitié du pas, elle est considérée comme nulle.
- En premier lieu, choisir la méthode d'Euler. C'est une méthode numérique simple qui mène à un calcul rapide. Si le système a tendance à être instable, choisir la méthode de Runge-Kutta 4^e ordre et raccourcir le pas d'intégration. L'instabilité est identifiée si les solutions obtenues sont très différentes après changement de la méthode et variation du pas d'intégration.
- Les signaux de type échelon peuvent causer des problèmes d'inexactitude et des déformations si vous employez des méthodes d'intégration d'ordre supérieur (Runge-Kutta). Employer plutôt les méthodes d'Euler et choisissez des pas d'intégration courts.

La qualité de l'affichage du tracé de la solution est déterminée par le paramètre « Résolution temporelle » qui n'a aucun impact sur l'exactitude de celle-ci. La « Résolution temporelle » définit l'intervalle de stockage en mémoire des valeurs calculées (donc l'intervalle d'enregistrement dans les tableaux de données et d'affichage sur les graphiques). Généralement il est besoin de peu de valeurs pour l'affichage par rapport à celles calculées. Souvent seule une valeur calculée sur dix est affichée.

Bien que pour les éléments échantillonnés, il soit possible de faire varier la période d'échantillonnage, habituellement, cette période est constante pour tout le système. Dans ce cas, il sera plus efficient d'associer à l'option « Résolution temporelle », la valeur de la période d'échantillonnage.

8.7 Démarrer la simulation temporelle

Démarrer la simulation par le biais de la commande « *Simulation temporelle + Démarrage* » du menu principal ou en cliquant sur le bouton  «Démarrer la simulation temporelle » .

8.8 Résultats

8.8.1 Diagramme temporel

Le diagramme temporel fait apparaître tous les signaux captés par une sonde. Chaque sonde et chaque graphique en XY possèdent son propre diagramme.

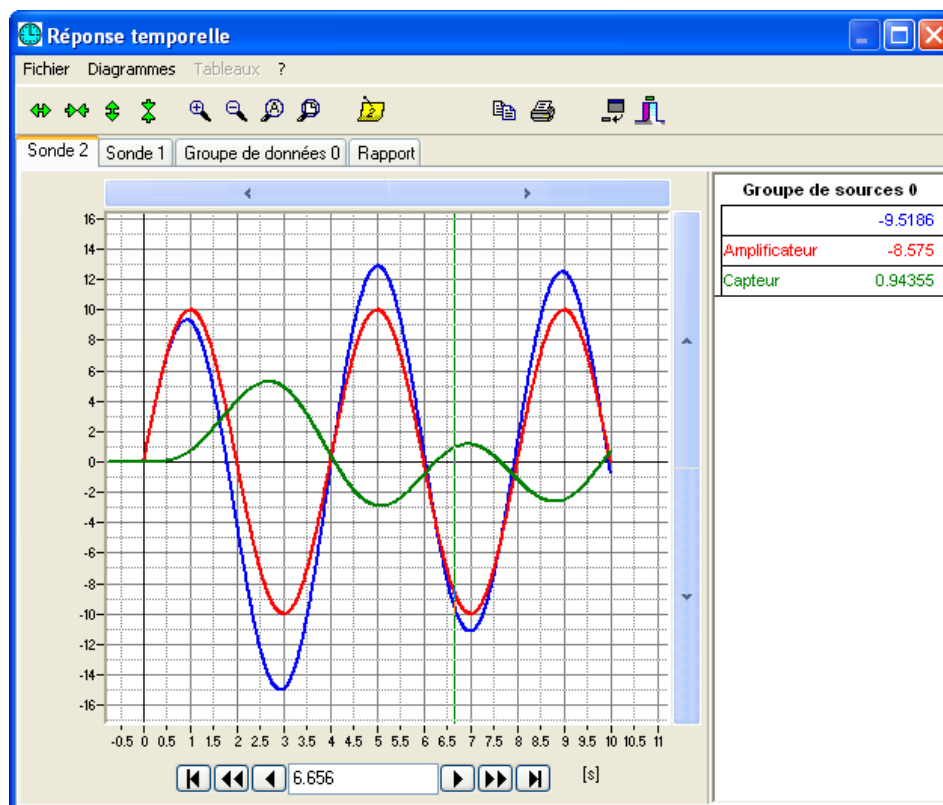
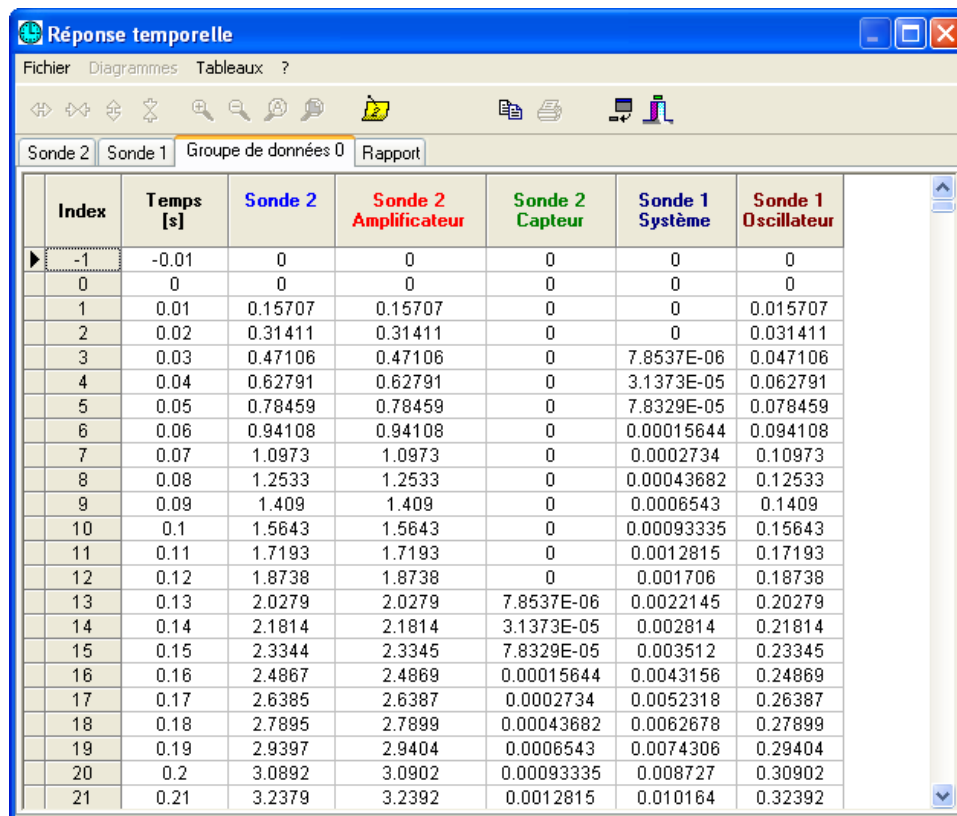


Figure 42 : Diagramme temporel

La légende est structurée hiérarchiquement. Chaque groupe de sources (groupe d'entrées voir figure 35) possède sa propre section.

8.8.2 Tables de données

Chaque groupe de sources crée une table de données. La table peut être au choix, copiée en partie ou dans sa totalité. La colonne associée au temps est toujours incluse même lorsque elle n'est pas sélectionnée.



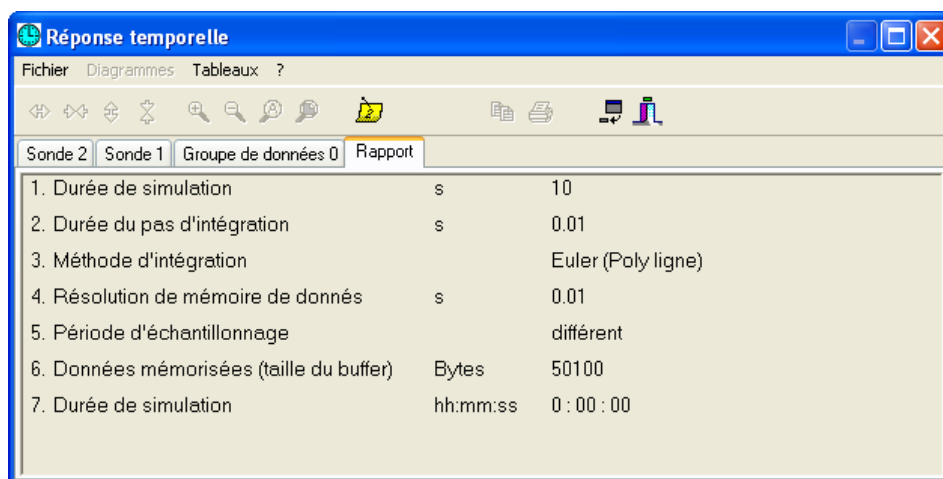
Index	Temps [s]	Sonde 2	Sonde 2 Amplificateur	Sonde 2 Capteur	Sonde 1 Système	Sonde 1 Oscillateur
-1	-0.01	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1	0.01	0.15707	0.15707	0	0	0.015707
2	0.02	0.31411	0.31411	0	0	0.031411
3	0.03	0.47106	0.47106	0	7.8537E-06	0.047106
4	0.04	0.62791	0.62791	0	3.1373E-05	0.062791
5	0.05	0.78459	0.78459	0	7.8329E-05	0.078459
6	0.06	0.94108	0.94108	0	0.00015644	0.094108
7	0.07	1.0973	1.0973	0	0.0002734	0.10973
8	0.08	1.2533	1.2533	0	0.00043682	0.12533
9	0.09	1.409	1.409	0	0.0006543	0.1409
10	0.1	1.5643	1.5643	0	0.00093335	0.15643
11	0.11	1.7193	1.7193	0	0.0012815	0.17193
12	0.12	1.8738	1.8738	0	0.001706	0.18738
13	0.13	2.0279	2.0279	7.8537E-06	0.0022145	0.20279
14	0.14	2.1814	2.1814	3.1373E-05	0.002814	0.21814
15	0.15	2.3344	2.3344	7.8329E-05	0.003512	0.23344
16	0.16	2.4867	2.4867	0.00015644	0.0043156	0.24867
17	0.17	2.6385	2.6387	0.0002734	0.0052318	0.26387
18	0.18	2.7895	2.7899	0.00043682	0.0062678	0.27899
19	0.19	2.9397	2.9404	0.0006543	0.0074306	0.29404
20	0.2	3.0892	3.0902	0.00093335	0.008727	0.30902
21	0.21	3.2379	3.2392	0.0012815	0.010164	0.32392

Figure 43 : Table de données

Les valeurs de l'index -1 de temps -0.01 sont les valeurs initiales avant démarrage de la simulation.

8.8.3 Rapport

Le rapport montre les paramètres de simulation et quelques valeurs statistiques.



1. Durée de simulation	s	10
2. Durée du pas d'intégration	s	0.01
3. Méthode d'intégration		Euler (Poly ligne)
4. Résolution de mémoire de données	s	0.01
5. Période d'échantillonnage		différent
6. Données mémorisées (taille du buffer)	Bytes	50100
7. Durée de simulation	hh:mm:ss	0 : 00 : 00

Figure 44 : Rapport

8.9 Exemples de simulation temporelle

8.9.1 Solutions numériques des équations différentielles

L'exemple suivant montre comment résoudre des équations dans SimApp. Une équation différentielle et sa condition initiale étant données :

$$y' = -2 \cdot x \cdot y^2 \text{ et } y(0) = 1$$

Calculer l'approximation graphique de la solution avec différentes méthodes d'intégration et comparer les résultats.

Tracer d'abord le schéma fonctionnel qui représente l'équation :

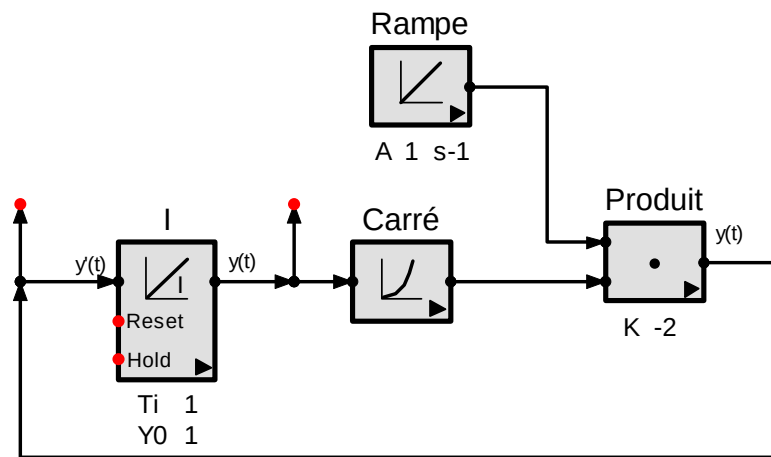


Figure 45 : Schéma bloc pour l'équation différentielle

Simuler pour chaque méthode d'intégration, pour les dix premières valeurs avec un pas d'intégration $h=0.1$. Copier les valeurs dans un tableur type Excel ou un tableau Word et comparer les résultats avec la solution

exacte $y(x) = \frac{1}{x^2 + 1}$

Temps [s] x	Exact	Euler	Euler 2e ordre	Heun	Runge Kutta 3e ordre	Runge Kutta 4e ordre
0	1	1	1	1	1	1
0.1	0.99010	1	0.99	0.99	0.99013	0.9901
0.2	0.96154	0.98	0.96118	0.96137	0.9616	0.96154
0.3	0.91743	0.94158	0.91674	0.91725	0.91751	0.91743
0.4	0.86207	0.88839	0.8611	0.86195	0.86216	0.86207
0.5	0.8	0.82525	0.79889	0.80003	0.80009	0.8
0.6	0.73529	0.75715	0.73418	0.73553	0.73537	0.73529
0.7	0.67114	0.68835	0.67014	0.67159	0.6712	0.67114
0.8	0.609756	0.62202	0.60895	0.6104	0.6098	0.60976
0.9	0.552486	0.56011	0.55191	0.55329	0.55252	0.55249
1	0.5	0.50364	0.49964	0.50092	0.50002	0.5

La fonction étant continue, c'est la méthode de Runge-Kutta 4ème ordre qui offre la meilleure performance tout au long du test. Pour une discussion complète au sujet des méthodes numériques se référer à [6].

9. VARIATION DES PARAMETRES

En faisant varier les paramètres caractéristiques de chaque bloc il est possible d'examiner rapidement et facilement le comportement du système. Chaque paramètre peut prendre jusqu'à 100 valeurs différentes. SimApp démarre automatiquement une simulation pour chaque valeur et affiche les résultats dans une fenêtre commune.

Si un bloc contient un ou plusieurs paramètres possédant des valeurs variables, on peut alors parler de série de paramètres. Par exemple les n valeurs des paramètres d'un bloc forment les n configurations possibles de cet élément. Les n configurations de tous les paramètres de tous les blocs d'un système forment l'ensemble des n configurations de ce système.

Le nombre de valeurs pour chaque série associée à un paramètre variable peut être ajusté de façon individuelle (attention voir limitations ci-dessous). Le nombre de valeurs pour chaque série de paramètres utilisés pour la simulation est modifiable dans la fenêtre ouverte par l'option « *Propriétés de simulation* » du menu contextuel du bloc ou par un double clic dans le bloc (propriétés accessibles en simulation temporelle comme en simulation fréquentielle). Mais le nombre de valeurs de la série définie pour un bloc et la même pour tous les paramètres du bloc.

La valeur par défaut de chaque paramètre, affichée sous le symbole de bloc dans le schéma ou dans la boîte de dialogue « *Propriétés de simulation* », n'est pas intégrée de façon générale dans l'ensemble des valeurs variables, (elle apparaît alors en rouge sous le bloc dans le dessin et sa ligne est jaunée dans le tableau relatif à sa série) aucune simulation n'est alors affectée à cette valeur par défaut, SimApp utilise seulement les valeurs additionnelles présentes dans la série affectée à ce dispositif.

Une alternative à l'utilisation de séries de paramètres est de démarrer plusieurs simulations successives avec différentes valeurs pour le paramètre considéré et d'afficher tous les résultats dans le même diagramme (voir l'option dans les propriétés de simulation). Cependant l'inconvénient de ce procédé est de générer des courbes mal disposées dans les diagrammes et aussi de ne pas pouvoir stocker toutes les valeurs de la simulation dans un même fichier.

En employant la variation des paramètres la valeur par défaut de chaque paramètre de n'est pas modifiée (comme on l'a vu plus haut) et en conséquence ne doit pas être remplacée (remémorée !) dans l'éventualité d'une réutilisation.

9.1 Propriétés associées aux séries de paramètres

Les propriétés associées aux séries de paramètres ne peuvent pas être disposées dans une fenêtre unique dédiée. Cela dépend si le réglage est affecté à un élément unique ou au système dans son ensemble.

9.1.1 Boîte de dialogue propriété de bloc

Dans la fenêtre relative aux propriétés du bloc (case « *Nombre de séries de paramètre* ») on peut indiquer le nombre de valeurs retenues pour constituer la(es) série(s) relative(s) du (des) paramètre(s) caractéristique(s). Après avoir coché le ou les paramètres considérés comme « *multiple* » on entre leurs valeurs individuelles.

Général				
Gain	K	1		☒ multiple
Constante de temps	T	1	s	☒ multiple
Amortissement	d	0.5		☒ multiple
Valeur initiale $y(t=0)$	Y_0	0		☐ multiple
Pente initiale	Y_0'	0		☐ multiple

Figure 46 : Configuration de la série de paramètre

Les configurations suivantes sont importantes pour la variation des paramètres :

Multiple

Doit être coché pour tous les paramètres dont on désire faire varier la valeur.

Nombre de séries de paramètre

Indique le nombre de valeurs additionnelles que le paramètre doit retenir pour la simulation. Cela affecte le paramètre seulement si son option « multiple » est cochée.

Modifier les séries de paramètre

Ce bouton ouvre la table d'entrée permettant d'éditer les valeurs variables affectées aux paramètres du bloc courant. Tous les paramètres dont la case « multiple » est cochée obtiennent une colonne. Tous les paramètres reconnus comme « multiples » sont représentés en rouge dans le schéma.

9.1.2 Table d'entrée pour les valeurs de paramètres variables

Nr.	K	T [s]	d
0	1	1	0.5
1	2	1	0.01
2	3	1.5	0.02
3	4.5	2	0.06
4	5	2.5	0.1
5	6	3	0.2
6	7	3.5	0.3

Figure 47 : Table d'entrée pour les valeurs de paramètres variables

Les valeurs par défaut des paramètres apparaissent dans la première ligne marquée en jaune et ne peuvent pas être modifiées, elles apparaissent seulement pour favoriser une meilleure vue d'ensemble de la variation. On peut entrer ses paramètres à partir de la ligne 1. Les paramètres constants n'apparaissent pas ici et gardent leurs valeurs par défaut.

9.1.3 Propriétés de la simulation

Figure 48 : Configuration pour la variation de paramètres dans la fenêtre « Options de la simulation... » (Temporelle ou fréquentielle)

La case « Simulation avec variation des paramètres » doit être cochée.

Le champ associé à « Nombre de séries de paramètres » précise le nombre de valeurs gardées pour la simulation envisagée. Le nombre de valeurs affectées à chaque paramètre peut être différent de ce nombre. Les paramètres peuvent disposer d'un nombre plus grand ou plus petit que celui-ci.

- Pour les paramètres ayant un nombre plus élevé de valeurs, toutes valeurs situées après ce nombre sont omises.
- Pour les paramètres ayant un nombre moins élevé de valeurs, la dernière valeur existante est réemployée pour les valeurs absentes.
- Pour des paramètres constants, les valeurs par défaut sont utilisées.

Il est possible de donner un « Nombre de séries de paramètre » différent pour les simulations temporelles et fréquentielles

9.2 Démarrer avec la variation de paramètres

On démarre la simulation avec variation de paramètres de la même manière qu'une simulation normale. Elle est effective seulement, si la case « Simulation avec variation des paramètres » est cochée dans la fenêtre « Options de la simulation ». SimApp démarre une simulation pour chaque configuration de paramètres et affiche les résultats dans une même fenêtre.

Chaque ligne de la légende accompagnant les courbes ainsi obtenues est précédée par le numéro (entre parenthèses) de la ligne correspondant à la configuration des paramètres précisés dans la table d'entrée. Les couleurs peuvent être configurées dans la rubrique « Couleur des courbes » de la fenêtre « Options de la simulation ».

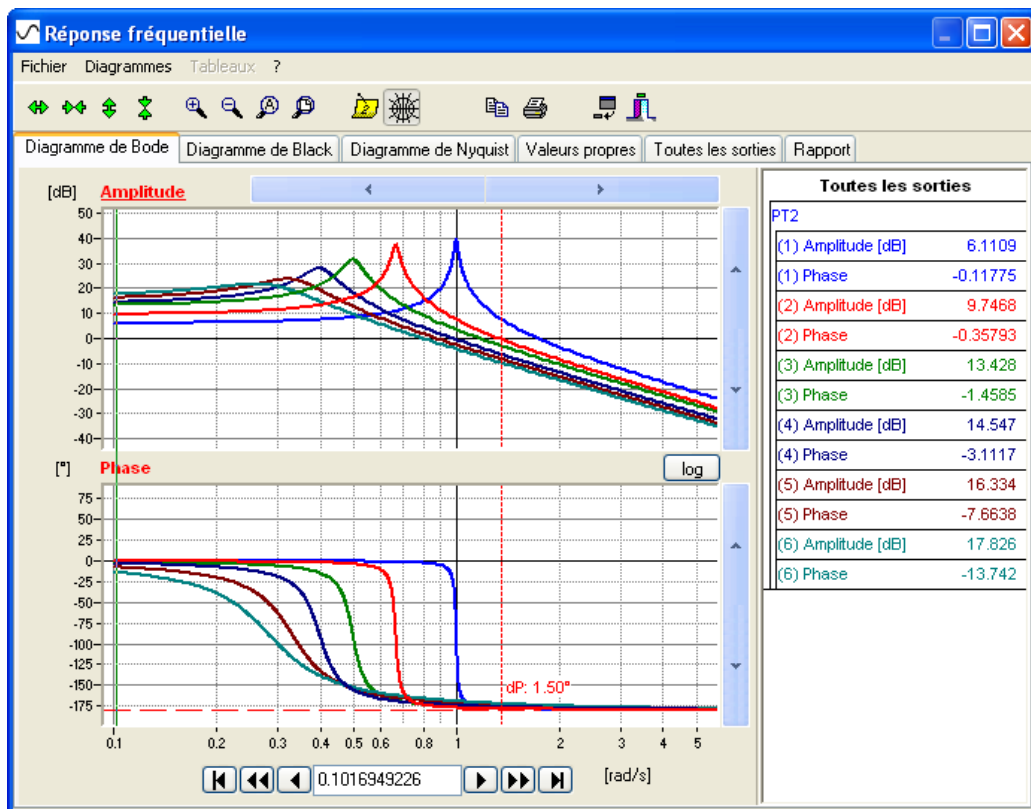


Figure 49 : Diagramme de Bode avec variation des paramètres

10. BLOCS PERSONNALISES

Il peut être difficile d'analyser des systèmes de tailles importantes et complexes. Mais de tels systèmes se composent la plupart du temps de plusieurs sous-ensembles. Graphiquement, il est possible de séparer ces sous-ensembles en les encadrants ou en les délimitants à l'aide de zones colorées et en y incluant une légende, mais ceci risquerait d'agrandir les schémas encore plus. Généralement, dans un premier temps, il n'est pas nécessaire de montrer tous les détails d'un système. D'autre part, il peut exister dans ces systèmes, des structures particulières bien connues qui peuvent se répéter avec seulement des paramètres différents.

C'est pourquoi, SimApp permet de créer vos propres blocs (blocs personnalisés). Il est possible de dessiner n'importe quel système ou sous-système et de l'inclure dans un nouveau bloc muni de ses propres paramètres. Cette démarche n'est pas limitée aux seuls blocs fonctionnels, car il est possible d'inclure, dans le bloc personnalisé, tous genres de représentations graphiques créées avec SimApp. Les blocs définis par les utilisateurs possèdent leurs propres symboles de bloc et ne diffèrent pas des blocs de base. On peut les stocker dans la palette ou les rassembler en bibliothèques.

Il existe deux méthodes permettant de créer les blocs hautement intégrés :

La première méthode consiste à choisir tous les objets dans un schéma et les intégrer dans un bloc simple.

La seconde méthode consiste à employer une fonction spéciale de SimApp : *L'Atelier de Blocs*

La première méthode est très rapide et convient pour simplifier temporairement un schéma sans besoin de réutilisation.

La deuxième méthode est plus sophistiquée, mais n'induit aucune restriction et convient aux solutions à long terme.

10.1 Créer des blocs par sélection

Il est possible de choisir n'importe quels objets dans un schéma et les placer dans un nouveau bloc. La sélection étant faite, employer la commande « Spécial + Former le bloc » du menu principal. Tous les objets choisis sont immédiatement remplacés par un nouveau bloc. Ce bloc apparaît avec un symbole par défaut et ressemble à un bloc classique.

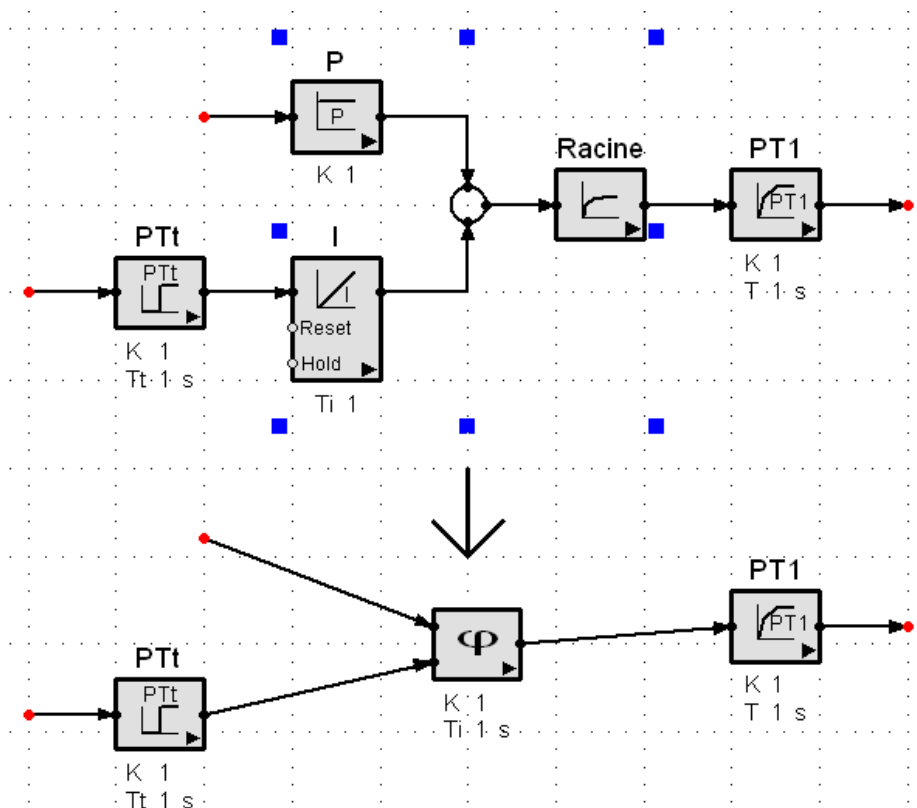


Figure 50 : Création d'un bloc personnalisé par sélection

Les noeuds d'entrée et de sortie sont créés à partir des liaisons avec les éléments non sélectionnés ou viennent des noeuds ouverts des objets choisis dans la sélection. Les raccordements avec les éléments externes ne sont pas rompus.

Remarques

- Ne pas sélectionner « les lignes de commandes » en liaison avec les blocs non sectionnés. Ceci briserait les liaisons.
- Si vous sélectionnez des éléments additionnels, vous pouvez sans problème sélectionner « les lignes de commandes » liées aux nœuds d'entrée et de sortie.
- Neutraliser les nœuds d'entrée non reliés des différents éléments inclus pour empêcher qu'ils apparaissent dans le nouveau bloc.
- Indiquer un titre au bloc pour le rendre plus facilement identifiable.
- Tous les paramètres des éléments contenus apparaissent au-dessous du nouveau bloc et se comportent comme des paramètres propres à celui-ci. Leurs propriétés sont modifiables comme celles des paramètres associés aux blocs classiques.
- Les paramètres indésirables à l'affichage doivent être cachés avant le regroupement. Ces paramètres se comporteront comme des constantes et n'apparaîtront pas sur le schéma et sur aucune fenêtre de propriétés du bloc.
- Les paramètres des éléments groupés (*Spécial + Grouper*) deviennent inaccessibles.

Si le symbole par défaut n'est pas à votre goût, il est possible de terminer la construction du bloc avec l'outil *Atelier de bloc*. Avec l'*Atelier de bloc* on peut modifier le symbole du bloc mais également éditer la structure intérieure du groupe et créer de nouveaux paramètres.

Les blocs personnalisés peuvent être détruits à tout instant en utilisant la commande « *Spécial + Séparer le bloc* ». Il est immédiatement remplacé par la structure antérieure. Le symbole disparaît, et les raccordements aux blocs périphériques sont maintenus.

10.2 Créer des blocs par l'Atelier de bloc

Grâce à l'*Atelier de bloc*, il est possible de créer et de modifier des blocs personnalisés. Vous avez accès à la structure intérieure et au symbole du bloc. Vous disposez d'une faculté spéciale en la capacité de créer de nouveaux paramètres virtuels et de les relier aux paramètres réels associés aux blocs inclus.

10.2.1 Exemple

Dans cet exemple vous apprendrez à franchir les principales étapes permettant de créer un bloc personnalisé par le biais de l'*Atelier de bloc*. La leçon est basée sur la construction du schéma bloc d'un moteur à courant continu. Ce bloc devra être construit avec son symbole descriptif.

10.2.1.1 Modèle mathématique

Les Transformées de Laplace des équations de fonctionnement d'un moteur à courant continu sont les suivantes [1], [21] :

Domaine de Laplace (variable s)	Domaine réel (variable t)
$U(s) = R \cdot I(s) + L \cdot s \cdot I(s) + E(s)$ $E(s) = K_e \cdot \Omega(s)$ $C_m(s) = K_c \cdot I(s)$ $C_m(s) - C_r(s) = J \cdot s \cdot \Omega(s)$	L : inductance des enroulements du moteur (H) R : résistance électrique interne du moteur (Ohm) J : moment d'inertie total (rotor+ charge) par rapport à son axe de rotation (kg.m ²) C _m (t): couple moteur électromagnétique (N.m) K _c : constante de couple telle que le couple électromagnétique C _m (t) soit proportionnel au courant qui traverse le moteur : C _m (t)= K _c .i (t) K _e : constante de force contre électromotrice qui relie cette f.c.e.m. à la vitesse de rotation de l'arbre moteur ω(t) (rad/s) par la relation e (t) = K _e .ω(t) C _r (t): couple résistant sur l'axe moteur (N.m)

$$N(t) = \frac{60 \cdot \omega(t)}{2 \cdot \pi}$$

Tours par minute (tr/min) :

Ces équations décrivent la fonction transfert du nouveau bloc. Il possèdera trois nœuds :

- 2 Entrées : U(s) image de la tension aux bornes de l'induit et Cr(s) image du couple résistant
- 1 Sortie : N(s) image de la vitesse angulaire en tr/min

Pour permettre l'adaptation du bloc à différents types de moteurs à courant continu, les paramètres suivants doivent être modifiés :

Nom	Symbole	Unité
Inductance des enroulements	L	H
Résistance interne	R	Ohm
Constante de f.c.e.m.	Ke	N.m/A
Inertie totale (rotor + charge)	J	Kg.m ²

Ces coefficients forment les nouveaux paramètres virtuels du groupe.

10.2.1.2 Ouverture de l'Atelier de bloc

Ouvrir l'Atelier de bloc (menu Fichier + Nouveau atelier de bloc). Une nouvelle fenêtre s'ouvre nommée Atelier de bloc 1.

La fenêtre est divisée en deux pages constituées chacune par une zone graphique et un tableau. La première page (onglet Symbole) est réservée à la conception du symbole du bloc et la seconde (onglet Structure), réservée à la modélisation du système. Cliquer sur les onglets pour passer d'une page à l'autre. Concentrons d'abord notre attention sur la page « Structure » du système.

10.2.1.3 Dessin de la structure interne du système

La figure ci-dessous montre la représentation du schéma fonctionnel du moteur à courant continu commandé en tension déduit des équations décrites précédemment :

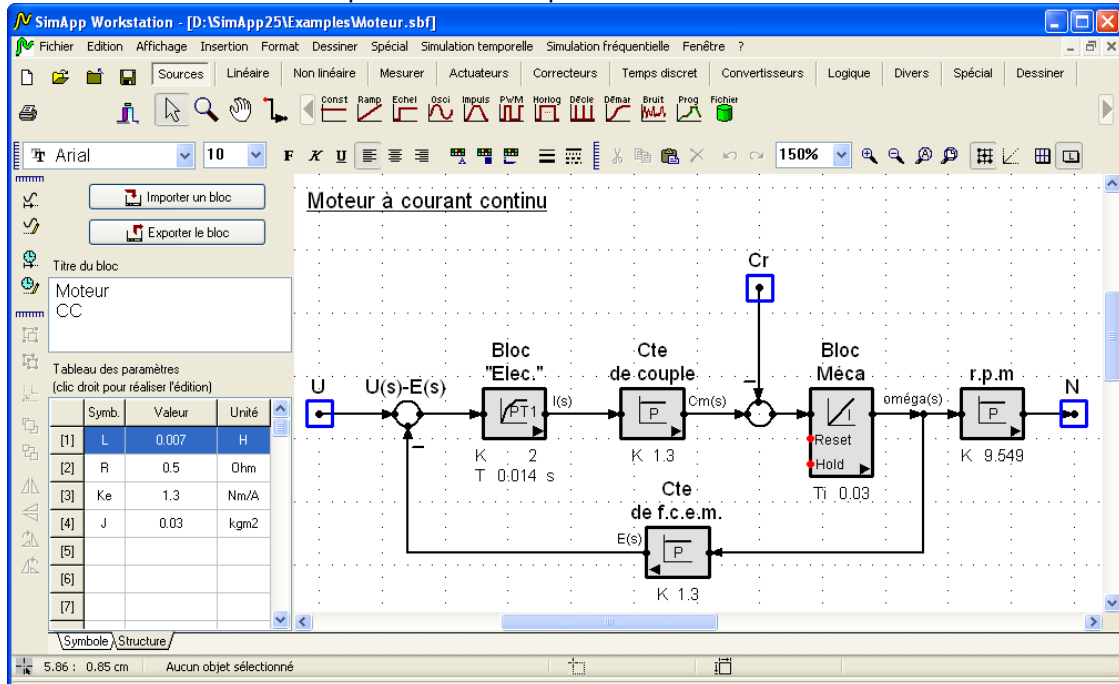


Figure 51 : Onglet structure de l'Atelier de bloc

Entrées et sorties sont repérées par des Bornes (carrés bleus). Ces éléments sont présents dans l'onglet « Spécial » de la palette. Placer les Bornes exactement sur les noeuds d'entrée et de sortie (à l'origine et à l'extrémité des « lignes de commandes » d'entrée et de sortie). Les Bornes sont automatiquement numérotées, cependant, nous recommandons de les étiqueter avec les noms des signaux associés.

10.2.1.4 Création des paramètres

Les propres paramètres des blocs inclus ne peuvent pas être employés directement comme paramètres de notre moteur. Par exemple, la constante de temps du Bloc « Elec. » est égale au quotient de l'inductance L de l'induit sur sa propre résistance R. Il faut créer des paramètres nouveaux dans le tableau des paramètres. Dans la fenêtre « Propriétés de simulation » des différents éléments, il faut définir les relations entre les paramètres intrinsèques du bloc et les nouveaux paramètres virtuels du tableau.

Étapes :

1. Double Cliquer la première ligne du tableau des paramètres. Dans la fenêtre qui s'ouvre, entrer les propriétés de l'inductance de l'induit L :

Figure 52 : Définir des paramètres de bloc

2. Écrire le symbole mathématique, préciser l'unité et une valeur numérique (non nulle !) pour l'inductance.
3. Fermer la fenêtre. Le symbole et la valeur apparaissent sur la première ligne du tableau des paramètres.
4. Recommencer cette démarche pour la résistance de l'induit, la constante de f.c.e.m. et l'inertie totale.
5. Jusqu'ici, les nouveaux paramètres ont été créés mais ils n'ont encore aucun effet sur le modèle. Maintenant il faut définir leur rapport avec paramètres caractéristiques des différents blocs. Ouvrir la fenêtre « Propriétés de simulation » du bloc « Elec. ». Cliquer sur le bouton de « Propriétés de paramètres » puis sur l'onglet « Constante de temps ». Cocher l'option « Formule » et taper, dans le champ de saisie, l'expression $[1]/[2]$.

Figure 53 : Saisie au clavier de la formule

6. Les valeurs entre crochets sont les index associés aux nouveaux paramètres de bloc placés dans le tableau des paramètres. [1] fait référence à l'inductance L de l'induit. La formule $[1]/[2]$ traduit le quotient de L sur R. La formule est interprétée par SimApp à chaque simulation.

Nota : En dehors des opérateurs de base +, -, * et / , de nombreuses fonctions additionnelles sont interprétables par SimApp, il est également possible d'utiliser les parenthèses.

7. Les relations entre les paramètres caractéristiques du bloc « Elec. » et les nouveaux paramètres de moteur étant maintenant définies, répéter les trois premières étapes pour tous les blocs restants. Pour le bloc proportionnel « r.p.m. » aucune formule n'est à définir. Écrire simplement 9.549 ou taper le rapport $60 / (2\pi)$.

10.2.1.5 Concevoir le symbole du bloc

Après avoir définie la partie fonctionnelle, il est nécessaire de concevoir un symbole pour le bloc « moteur ». Cliquer sur l'onglet « Symbole ». On aperçoit alors sur la page un bloc vide et les trois nœuds étiquetés avec les noms d'entrée et de sortie définis lors de la définition de la structure (Bornes). Si aucun nom n'a été assigné, ils sont numérotés (1), (2) et (3). Ils définissent donc les nœuds d'entrée et de sortie du bloc

personnalisés. Déplacez-les sur le cadre du bloc en plaçant les nœuds d'entrée sur le côté gauche et le nœud de sortie sur le côté droit du bloc. Attention ! Lors de cette opération ne pas appuyer sur la touche ALT les nœuds doivent rester sur la grille (dans le cas contraire cela risquerait de rompre la liaison avec le bloc).

Si vous n'êtes pas sûr qu'il en soit ainsi cliquer sur le bouton  pour les ramener sur la grille.

Le bloc vide possède une taille standard de 1.6 cm x 1.6 cm, mais il est possible de l'agrandir ou de le réduire.

Maintenant il faut dessiner le symbole du bloc « moteur » avec les outils graphique de SimApp.

10.2.1.6 Assemblage du bloc

Il faut maintenant joindre ensemble la partie fonctionnelle et la partie graphique. Choisir la commande « Spécial + Atelier de bloc + Exporter le bloc dans le presse papier de Windows ». Le bloc prêt à l'usage est maintenant stocké dans le presse-papier.

Coller dans un dessin en cours ou dans un nouveau dessin pour un usage futur.

Si une ou plusieurs erreurs de conception sont découvertes, retournez en arrière dans l'Atelier de bloc et corrigez-le. Si le bloc fonctionne correctement, vous pouvez le stocker dans une bibliothèque (voir chapitre bibliothèques), dans la palette (voir chapitre travailler avec la palette) ou dans un schéma classique de SimApp.

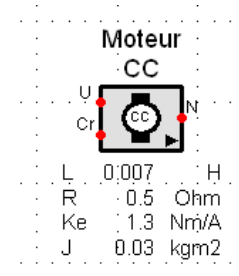


Figure 54 : Le bloc « Moteur CC » achevé

10.2.2 Sommaire

Nous venons de parcourir les étapes de base nécessaires pour la création de blocs personnalisés. En résumé voici l'ensemble des étapes de la construction

1. Ouvrir l'Atelier de bloc.
2. Définir les nouveaux paramètres dans le tableau des paramètres.
3. Tracer le schéma fonctionnel du système à compacter dans le bloc.
4. Préciser les formules pour les paramètres caractéristiques des blocs du système.
5. Tester la structure compactée
6. Etiqueter les nœuds des entrées sorties.
7. Concevoir le symbole de bloc et déplacer les nœuds sur les côtés du bloc.
8. Assembler les parties système et symbole en exportant le bloc dans le presse papier de Windows.
9. Coller le bloc dans un schéma.
10. Stocker le bloc dans une bibliothèque ou dans la palette.

10.2.3 Relations entre l'onglet *Symbole* et l'onglet *Structure*

Le système intérieur d'un bloc personnalisé est connecté aux blocs extérieurs via ses nœuds entrées-sorties. Ces nœuds entrées-sorties ne peuvent pas être créés dans la fenêtre de l'onglet « Symbole ». Ils sont créés en insérant des Bornes dans la fenêtre de l'onglet « Structure ». Les Bornes et les nœuds des entrées sorties du système interne précisés dans la fenêtre de l'onglet « Structure » forment une paire inséparable. Supprimer un nœud dans la fenêtre de l'onglet « Structure » supprime également le nœud associé dans la fenêtre de l'onglet « Symbole » et vice versa. Chaque nouvelle paire obtient une identification unique de sorte qu'il est possible de voir quels nœuds et quelles Bornes établissent une paire. De façon générale ne pas oublier qu'il est plus précis de remplacer le numéro automatique donné à une Borne par une étiquette bien explicite.

10.2.4 Table de paramètres

Au moyen du tableau des paramètres on définit les paramètres externes du bloc personnalisé. Ceux-ci vont se combiner pour donner une valeur aux paramètres caractéristiques des blocs internes. Le tableau compte quatre colonnes. Chaque ligne ne peut contenir qu'un seul paramètre. La première colonne : l'index (ex : [1]) est employé dans les formules. La deuxième colonne contient le symbole, la troisième sa valeur numérique et enfin la quatrième son unité.

Un double clic dans une ligne (hors colonne des index) permet de modifier un paramètre, un double clic dans une ligne vierge permet de créer un nouveau paramètre. On réalise les mêmes opérations en sélectionnant une ligne avec la souris et en appuyant sur la touche Entrée. SimApp permet l'insertion de lignes vierges. Les paramètres, affichés sous le bloc personnalisé terminé, apparaissent dans l'ordre des lignes du tableau des paramètres.

Laisser des lignes vierges dans le tableau permet d'insérer par la suite d'autres paramètres. Les paramètres existants ne peuvent pas être déplacés vers une autre ligne. Si vous deviez absolument les déplacer, ils doivent être supprimés et insérés ailleurs. Il est possible de supprimer simplement des paramètres en sélectionnant la ligne et en appuyant simultanément sur les touches CTRL + Del

Comme nous l'avons vu plus haut, un double clic sur une ligne permet de définir un nouveau paramètre ou d'en modifier un existant. Dans les deux cas une fenêtre associée à l'index de la ligne cliquée s'ouvre et

demande de préciser les caractéristiques du paramètre. Il est à noter que le symbole mathématique est obligatoire. Si le champ du symbole reste vierge, le paramètre est ignoré à la fermeture de la fenêtre. Les valeurs des paramètres peuvent être arbitraires, mais il est recommandé d'utiliser des valeurs usuelles ceci permettant de tester plus efficacement l'exactitude de la formule.

10.2.5 Saisie du système

Il est possible d'utiliser n'importe quel objet de la palette pour dessiner le système interne, il est même possible d'utiliser d'autres blocs personnalisés. Si vous joignez des blocs de type *Sources* il faut que vous soyez conscient que leur numéro de groupe devra être zéro (voir chapitre 8.2), dans le cas contraire elles produiraient des simulations additionnelles. Il est par ailleurs intéressant de savoir qu'il est possible de relier le numéro de groupe d'une source à un paramètre externe.

10.2.6 Editeur de formules

Les paramètres intérieurs possèdent des valeurs qui ne peuvent pas être changées lorsque le bloc personnalisé est terminé ou bien ils sont liés à des paramètres extérieurs et dans ce cas ils peuvent être changés indirectement. La relation peut être très simple, par exemple, on peut déterminer qu'un paramètre intérieur a toujours la même valeur que le paramètre extérieur. Mais on peut aussi établir des relations beaucoup plus complexes. Les formules sont écrites dans la fenêtre « *Propriétés de simulation* + *Propriété des paramètres* » du bloc intérieur.

Si on coche le bouton « *Formule* », la valeur effective du paramètre est calculée par la formule et la valeur des paramètres extérieurs. La formule est interprétée en tache de fond. Les formules sont entrées par le clavier comme un texte normal cependant il doit être conforme aux fonctions spéciales décrites ci-dessous :

Toutes les fonctions, opérateurs et constantes utilisables sont listées ci-dessous :

Fonction	Description
+ - * / ^	Addition/ Soustraction/ Multiplication/ Division/ Puissance
!	Factoriel
sin()	Sinus (radian)
cos()	Cosinus (radian)
tan()	tangente (radian)
arcsin()	arcsinus (radian)
arccos()	arccosinus (radian)
arctan()	arctangente (radian)
ln()	logarithme népérien
log()	logarithme décimal
exp()	exponentielle
sqr()	carré
sqrt()	racine carré
int()	partie entière
frac()	partie fractionnelle
abs()	valeur absolue
rnd()	arrondi au nombre entier
Pi	$\pi = 3.14159$

On peut également employer des parenthèses. Les majuscules et minuscules ne sont pas différenciés. La syntaxe de la formule est examinée et numériquement évaluée à la fermeture de la fenêtre. Si il y a une relation avec les paramètres extérieurs, leurs valeurs numériques sont utilisées. Si la formule contient des erreurs de type syntaxiques ou numériques (division par zéro par exemple etc..) l'endroit où l'interpréteur a rencontré l'erreur dans la formule est indiqué par un point d'interrogation. Par conséquent, en donnant des valeurs acceptables, usuelles, aux paramètres extérieurs on peut éviter des arrêts de simulation dus à des erreurs de formule.

Quelques exemples de formulation correcte :

5.67	Paramètre avec valeur constante
[3]	La valeur est toujours identique à la valeur du paramètre de bloc dans la ligne 3 du tableau des paramètres
sin([3])	sinus du paramètre de la troisième ligne
2.5 * exp(-4/[6]) * sin(1.76)	
Pi^4	
[2] * (1 - [4] * (pi - sin([1])))	

Note : SimApp renvoie zéro si une relation contient un paramètre inexistant. Il n'y aura aucun message d'erreur si aucune erreur syntaxique ou numérique ne se produit !

10.2.7 Essai du système intérieur

Avant de terminer votre bloc personnalisé, il faut tester le système intérieur. Dans la fenêtre de l'onglet « *Système* » il est possible d'exécuter des simulations temporelles et fréquentielles mais les résultats ne peuvent pas être stockés. Ils sont perdus à la fermeture de l'*Atelier de bloc*.

Il existe une autre possibilité de tester le système en le collant dans un schéma standard de SimApp. Dans ce cas, les formules sont omises et les valeurs de paramètre courantes sont employées à la place.

10.2.8 Insertion des Bornes et des noeuds de bloc

Les noeuds d'entrée et de sortie du système intérieur doivent être reliés à des *Bornes*. L'insertion d'une borne induit la création des noeuds du bloc personnalisé dans la fenêtre de « *Symbole* ». Bornes et noeuds associés porteront le même nom (la même étiquette). Au changement de nom dans une fenêtre, le nom de l'objet associé est immédiatement ajusté dans l'autre fenêtre. Le nom apparaît dans le bloc complet comme étiquette de noeud.

10.2.9 Concevoir des symboles de bloc

La boîte vide du bloc et son sens de flux sont créés automatiquement. Si le système conçu possède beaucoup de nœuds entrées-sorties, il est possible d'agrandir la boîte. La couleur de base des cotés de la boîte correspond à la couleur standard également employée par les blocs de base. On peut modifier cette couleur en sélectionnant la couleur voulue dans « *Couleur de ligne* » de la fenêtre de l'onglet « *Ligne* » de la boîte de dialogue ouverte en cliquant « *Propriété* » dans le menu contextuel du bloc.

Ne pas insérer d'objets de simulation dans la boîte vide du bloc. Cependant ce type d'insertion n'est pas interdite par SimApp et mais ils sont enlevés lors de l'exportation du bloc dans le presse papier.

Ne pas oublier d'indiquer l'intitulé du bloc dans la fenêtre d'édition « *Titre du bloc* » placée au dessus du tableau des paramètres. Un texte placé au dessus du bloc qui serait défini par le biais de l'outil texte n'est pas reconnu comme titre de bloc.

Dessiner un symbole permet de clarifier la fonctionnalité du bloc. Au besoin, vous pouvez utiliser des objets graphiques définis à l'aide d'autres logiciels graphiques objets et les insérer comme des d'images. Ceci s'applique particulièrement pour des courbes particulières (type courbes de Bezier par ex.), que SimApp ne sait pas reproduire. Toutefois, ces courbes peuvent être approchés grâce à l'utilisation de polylignes. Dans ce cas, choisir un coefficient de zoom important (+10 à 30%).

Toutes les courbes des blocs standard ont été produites de cette façon.

Très important : soyez sûr que tous les noeuds se trouvent exactement sur la grille. Si ce n'est pas le cas, les déplacer sur la grille avec le bouton  (rappel : ne pas interrompre la fonction « *Attraction de la grille* »)

Placer le symbole représentant le comportement de l'objet dans la boîte vide.

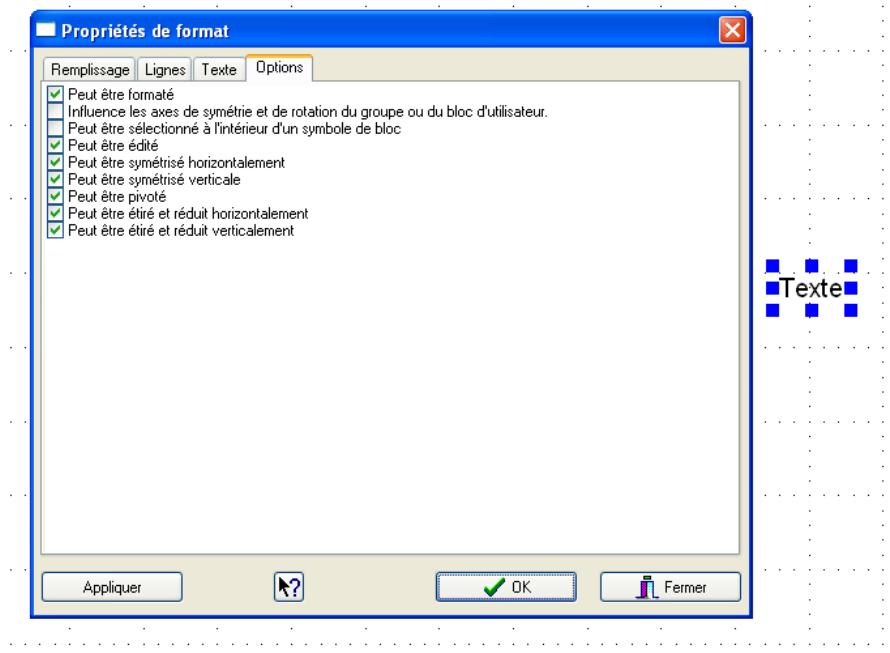


Figure 55 : Options pour des objets de type texte

Les cases à cocher peuvent recevoir des marques de contrôles qui peuvent posséder trois états : Coché, non coché et indéterminé. L'état indéterminé est représenté par une marque de contrôle grisée qui apparaît si plusieurs objets n'ayant pas le même état sont sélectionnés.

Lorsque la fenêtre « Propriétés de format » est fermée par le bouton OK avec des marques de contrôle grisées cela ne modifie pas l'état initial des objets. En cliquant dans la case à cocher l'état est changé pour l'ensemble sélectionné. Ce nouvel état est donc disponible maintenant pour tous les objets sélectionnés.

En ce qui concerne les symboles de bloc personnalisés les objets texte ne peuvent seulement être modifiés qu'en position, la taille et en contenu.

Configuration des objets *texte* :

- Ni sélectionnable ni éditable : Aucun changement autorisés.
- Sélectionnable mais non éditable : changement de taille possible et déplacement autorisé en cliquant sur le texte et en appuyant sur la touche ALT, mais le texte n'est pas accessible.
- Éditable mais non sélectionnable : Éditer le texte en le cliquant. La position reste fixe, la taille du cadre est ajustable.
- Sélectionnable et éditable : Sélectionner l'objet et faire un cliquer glisser tout en appuyant sur ALT. Éditer en cliquant sur le texte sans appui sur ALT.

10.2.10 Assemblage des parties *Système* et *Symbole* (exportation)

L'assemblage des parties « *Symbole* » et « *Système* » s'opère en exportant le bloc dans le presse-papier de Windows. Pour cela vous ne devez pas utiliser la fonction *copier* de Windows, il faut choisir la fonction « *Spécial + Atelier de bloc + Exporter dans le presse papier* » ou appuyer simplement sur le bouton



. Le bloc complet est maintenant placé dans le presse-papier en attente d'utilisation.

10.2.11 Utilisation et sauvegarde des blocs

Après avoir réalisé la copie dans le presse-papier, votre nouveau bloc est utilisable comme un élément standard. Ne pas oublier de le stocker au moins quelque part ! Cette opération peut se faire dans un dessin standard de SimApp, dans la palette ou dans une bibliothèque. Si le bloc est sauvegardé, il n'est plus nécessaire d'employer l'*Atelier de Bloc*. Toute l'information utile est stockée dans le bloc. Il est possible de voir la structure interne du bloc et de la modifier à tout moment en le copiant dans un *Atelier de bloc* vide.

10.2.12 Révision de bloc

Vos anciens blocs personnalisés peuvent être modifiés en les copiant à nouveau dans l'*Atelier de bloc*. Ceci est réalisable par l'intermédiaire du presse-papier de Windows. Copier le bloc en le sélectionnant et en utilisant la fonction Copie de Windows. Par contre l'importation dans l'*Atelier de bloc* ne doit pas employer la commande standard Coller (en fait dans SimApp « *Traiter + Insertion* »), ceci collerait le bloc complet dans la fenêtre de l'onglet *Système* ou dans la fenêtre de l'onglet *Symbole* sans 'déstructuration' de celui-ci.

Pour importer le bloc correctement il faut choisir la commande « *Spécial + Atelier de bloc + Importer le bloc du presse papier* » ou cliquer sur le bouton « Importer le bloc ». Le bloc est 'déstructuré' et inséré dans les fenêtres des deux onglets.

Dans l'*Atelier de bloc*, il est possible d'une part, d'ouvrir dans la fenêtre d'onglet « *Symbole* » le menu contextuel associé au symbole du bloc personnalisé, en vue de le modifier et d'autre part, de cliquer dans la fenêtre de l'onglet « *Structure* » et d'en modifier les blocs standard constitutifs.

10.2.13 Plus de remarques sur la conception des blocs personnalisés

- L'ouverture de plusieurs *Atelier de bloc* et la conception simultanée sont possibles.
- Les fenêtres « *Système* » et « *Symbole* » sont sauvegardées ensemble dans un fichier. « *Fichier + Enregistrer* » ou « *Fichier + Enregistrer sous* ». L'extension par défaut est **.sbf**.
- SimApp accepte également des sondes temporelles et fréquentielles et effectue les simulations de manière standard. L'inclusion de telles sondes dans un bloc peut induire des questions de la part de l'utilisateur car elles n'apparaissent pas de façon évidente à l'extérieur du bloc et de façon explicite dans les diagrammes ! Pour justifier une telle disposition, une application possible se justifierait par la surveillance automatique d'une transmission ou d'un nœud interne. Mais si vous désirez surveiller des nœuds internes, il vaut mieux l'indiquer dehors en sortant les nœuds concernés par le biais de *Bornes* ou employer une paire de transmetteur/receveur.
- Les blocs personnalisés ne possèdent qu'un seul symbole contrairement aux blocs standard qui en possèdent deux.
- Si un bloc personnalisé contient un ou plusieurs éléments à temps discret (à échantillonnage), on doit associer un paramètre de bloc à la période d'échantillonnage. La référence doit être directe (par exemple [3]) et peut ne pas contenir de formule du type [1]/[2] ou 5*[5].
- Pour tester des signaux internes la meilleure solution consiste à employer des paires de transmetteurs/receveurs pouvant les transmettre à l'extérieur.

11. PALETTE

La palette contient tous les objets standard qui peuvent être insérés dans le dessin. Elle se compose de plusieurs sous menus (appelés *pages* dans SimApp). Chaque page contient une catégorie spécifique d'objets.

Il est possible de prolonger la palette suivant votre désir. Par exemple, on peut créer de nouvelles pages et y stocker vos blocs personnalisés.

La modification de la palette fait appel aux fonctions suivantes :

- Créer de nouvelles pages
- Déplacer des pages, en changeant l'ordre
- Prolonger la palette par de nouveaux objets
- Renommer des pages
- Supprimer des pages
- Déplacer des objets
- Charger et sauvegarder la palette

11.1 Créer, supprimer et renommer des pages

Ouvrir le menu instantané de la palette en cliquant sur la palette avec le bouton droit de la souris (en dehors d'une zone utilisée) puis choisir l'option appropriée dans le menu.

Nouvelle page

Un clic sur « *Nouvelle page* » en permet la création : une boîte de dialogue en demande le nom (y indiquer un nom qui n'existe pas encore dans la palette).

Supprimer une page

Cliquer *Effacer la page* , la page est supprimée immédiatement. S'il y a des boutons associés, SimApp demande la confirmation de l'effacement de tous les boutons et objets associés. Les pages standard sont exclues de la suppression.

Renommer une page

Cliquer sur *Renommer la page*, écrire un nouveau nom. Les pages standard ne peuvent pas être renommées.

11.2 Déplacer les pages et les objets

Appuyer sur la touche ALT et cliquer sur l'étiquette de la page ou sur l'objet que l'on désire déplacer. Faire un cliquer-glisser du curseur de souris vers l'endroit désiré et relâcher son bouton.

11.3 Stockage d'objets dans la palette

Il est possible de stocker tous types d'objets dans la palette. Ceux-ci peuvent être des éléments standard, des blocs personnalisés, des objets textes ou même des objets groupés. Le stockage a lieu simplement en réalisant un cliquer-glisser déposer (drag and drop).

11.3.1 Stockage d'objets issus de schémas

Cliquer sur l'étiquette de la page dans laquelle le stockage de l'objet ou une sélection de plusieurs objets est envisagé. Puis choisir l'objet considéré dans le schéma et le déplacer vers la palette. En se déplaçant vers le bord de la fenêtre du schéma, **le défilement automatique doit démarrer. Il est possible d'empêcher le démarrage en maintenant la barre d'espace appuyée.** L'objet est inclus dans la page lorsque le bouton de la souris est relâché. Si vous envisagez de copier les objets, il faut appuyer sur la touche CTRL au relâchement du bouton de souris dans le cas contraire les objets insérés dans la palette ne sont plus disponibles dans le schéma. Lorsque l'objet est inséré un nouveau bouton muni d'une image standard apparaît. Le bouton peut alors être déplacé dans la page courante en utilisant la technique précisée ci-dessus (voir 11.2). Les caractéristiques du nouveau bouton peuvent être adaptées selon vos goûts.

11.3.2 Stockage d'objets issus de bibliothèques

Cliquer sur l'étiquette de la page dans laquelle le stockage de l'objet ou une sélection de plusieurs objets est envisagé. Ouvrir une bibliothèque. Appuyer sur la touche ALT et cliquer sur un bouton de cette bibliothèque. Déplacer le bouton vers la palette et le déposer à la position désirée. Le bouton sera alors copié de la bibliothèque à la palette.

11.4 Traiter les boutons de la palette

Lors du déplacement d'objets du schéma vers la bibliothèque ou la palette, SimApp crée des boutons standard. Les images de ces boutons ne sont pas très explicites. Il est recommandé de remplacer le texte par un nom décrivant le contenu des objets. C'est encore mieux si vous concevez votre propre image.

11.4.1 Propriétés des boutons de la palette

Après un clic droit sur le bouton désiré sélectionner « Propriétés » dans le menu contextuel.

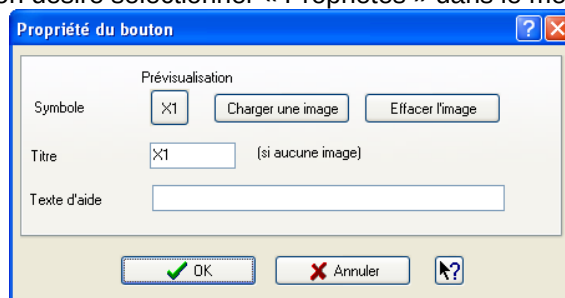


Figure 56 : Propriétés des boutons de la palette

Il est possible de charger n'importe quelle image bitmap de taille 24 x 24 pixels. Mais il faut faire un choix entre image et texte car les deux ne peuvent pas être affichés simultanément.

Créer l'image bitmap avec Paint de Microsoft Windows ou avec tout autre programme de même type. Paint est un accessoire standard de Windows. Si cette application n'est pas installée, vous la trouverez sur le CD d'installation de Windows.

Une autre caractéristique permet d'assigner au bouton un texte d'aide, dans ce cas une petite fenêtre instantanée apparaîtra en déplaçant le curseur de la souris au-dessus du bouton. Le texte peut contenir une courte description d'un à trois mots.

11.4.2 Concevoir des images de bouton avec Paint de Microsoft

Ouvrir Paint et dans le menu principal choisir « image+ attributs » puis indiquer les paramètres suivants :

Largeur	24
Hauteur	24
Unités	Pixels
Couleur	Couleurs

Choisir le plus grand facteur de zoom et commencer la conception de l'image. Afin de clarifier le transfert de l'image il est intéressant de savoir que SimApp peut gérer la couleur de fond, en effet SimApp détecte cette couleur en reprenant celle du pixel situé dans le coin inférieur gauche de l'image. Mais il faut déclarer auparavant que les Pixels appartiennent au fond, pour cela, tous les Pixels ayant la même couleur que celui situé dans le coin inférieur gauche seront considérés comme appartenant au fond. Le type de couleur choisie est sans importance pour SimApp. Il est seulement essentiel qu'elle soit réservée aux Pixels appartenant au fond.

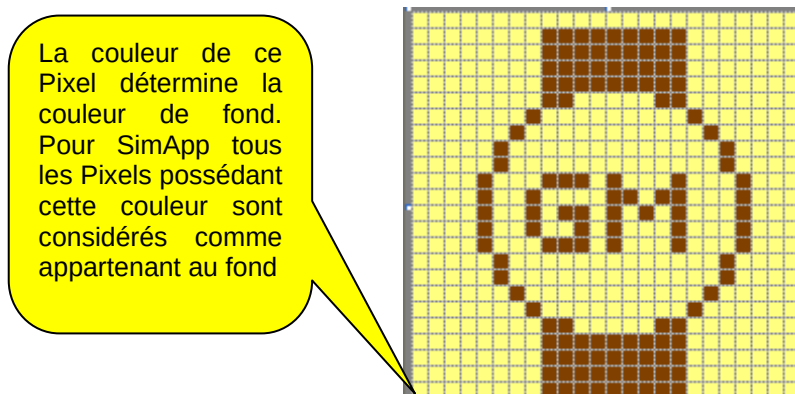


Figure 57 : Image associée au bouton

Sauvegarder l'image, et donnez lui un nom. Passer sous SimApp et chargez-la dans le bouton désiré. L'image est copiée dans son intégralité. Après chargement dans le bouton, le fichier Bitmap n'est plus nécessaire.

11.5 Chargement, sauvegarde et restauration

La palette peut être sauvegarder et chargée à nouveau. Au lancement de l'application, SimApp charge la dernière palette courante. La palette reconnue comme courante est celle qui a été chargée ou enregistrée en dernier.

Les commandes pour le chargement, la sauvegarde et la restauration de la palette sont accessibles par le menu contextuel qui s'affiche lors d'un clic droit dans une zone vierge de la palette ou par le menu principal en saisissant la commande « *Spécial + Palette* ».

12. BIBLIOTHEQUES

Chaque étude met en œuvre des structures caractéristiques liées à des systèmes qui peuvent être employées à plusieurs reprises. Pour ces structures particulières, il est possible de créer vos propres blocs personnalisés. Certains critères peuvent aider à faire un choix pour trier ses blocs par famille puis les sauvegarder dans des bibliothèques. Cependant, l'utilisation des bibliothèques n'est pas limitée aux blocs personnalisés. On peut y entreposer un grand nombre d'objets, de lignes de commande voire des objets groupés en vue d'une utilisation future. Il est même possible d'y copier des éléments standard de la palette. En ce qui concerne l'affichage, les bibliothèques se comportent comme des barres d'outils normales.

12.1 Exemple

Au moyen d'un exemple simple, vous allez apprendre les bases de la création et de l'usage des bibliothèques. Il ne sera pas nécessaire d'avoir une compétence graphique très étendue. Vous allez créer une bibliothèque constituée uniquement d'éléments standard. Le stockage d'éléments standard dans une bibliothèque n'a, en pratique, aucun intérêt. Elle se justifie surtout lorsqu'elle stocke des objets (en particulier des blocs) issus de votre conception personnelle.

Ouvrir un nouveau schéma « *Fichier + Nouveau dessin* » et placer dans l'aire graphique deux éléments standard issus de la palette.

Créer une nouvelle bibliothèque avec « *Spécial + librairie + Nouveau* ». Une fenêtre ayant un fond jaune apparaît. Déplacer le premier élément du schéma vers cette fenêtre (faire un cliquer-glisser). Placer alors le deuxième élément dans la fenêtre tout en appuyant sur la touche CTRL. On peut alors faire le constat suivant : Le premier a été déplacé dans la fenêtre alors que le second y a été copié (l'original étant toujours disponible dans l'aire graphique). Recommencer l'expérience avec un élément issu directement de la palette et avant de le déplacer dans la fenêtre jaune, vous appuyerez sur la touche ALT. Opérer le déplacement. La fenêtre bibliothèque doit ressembler alors à ceci :

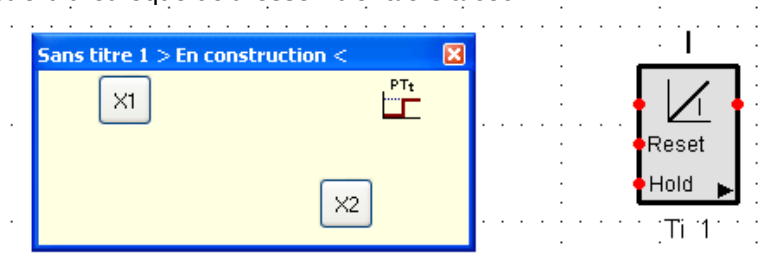


Figure 58 : Création de bibliothèques

Il est possible de réarranger les boutons selon votre convenance. Puis nommer votre bibliothèque en réalisant un clic droit dans la fenêtre et en choisissant l'option « *Renommer* ». Entrer le titre « *Test* » comme nouveau texte dans la barre de titre de la fenêtre.

Les deux objets issus du schéma se sont transformés en boutons gris dont la désignation est X1 et X2. Il est à remarquer que l'objet issu directement de la palette a gardé son allure initiale. Vous pouvez changer les textes X1 et X2 ou même les remplacer par des images. Veuillez lire le paragraphe approprié dans le chapitre *Travailler avec la palette*.

Ouvrir à nouveau la fenêtre contextuelle associée à la fenêtre bibliothèque et décocher l'option « *Mode de travail* ». En réalisant cette opération, la fenêtre de bibliothèque se réduit immédiatement et les boutons sont placés ensemble sur une même ligne, et dans la même séquence.

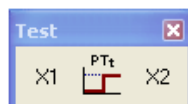


Figure 59 : La Bibliothèque Test terminée

Ouvrir le menu instantané et cliquer « *Enregistrer* » afin de sauvegarder la bibliothèque sous le nom *Test*. Dans le même menu choisir l'option « *Cacher* », la bibliothèque disparaît alors mais reste toujours en mémoire. Elle est seulement rendue invisible à l'affichage.

Sélectionner dans le menu principal de SimApp « *Affichage + Barre d'outils* » vous allez alors trouver dans la liste le nom de votre bibliothèque (en l'occurrence *Test* si vous avez suivi les consignes).

Placer une coche dans la marque de contrôle de la bibliothèque *Test* et fermer la fenêtre en cliquant sur OK. La bibliothèque se trouve à nouveau affichée. Cliquer sur « *Fermer* » dans le menu contextuel, si la sauvegarde n'a encore été réalisée, une requête vous demandant de le faire apparaîtra. Après, la bibliothèque disparaît à nouveau et vous ne la retrouverez pas dans la liste précédente. Vous pourrez ouvrir à nouveau la bibliothèque en choisissant « *Spécial + Ouvrir* » Et chargez enfin *Test.slb* qui réapparaîtra à nouveau dans l'aire graphique.

13. CATALOGUE DES ELEMENTS STANDARD

13.1 Sources

Chaque source possède des paramètres spécifiques pour générer un signal de sortie. Elles disposent toutes des paramètres de base suivants (exceptée la source constante):

Décalage d'amplitude (offset) OS

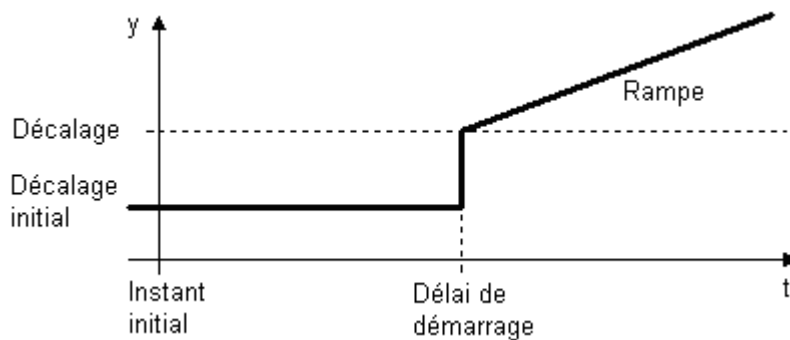
Décale la courbe caractéristique vers le haut ou vers le bas.

Retard au démarrage TD

Un retard est appliqué avant le signal de sortie. Peut être utilisé pour synchroniser différentes sources entre elles.

Décalage d'amplitude au démarrage (valeur initiale) Y0

La valeur initiale de sortie à l'instant initial et la valeur de sortie à l'instant du retard au démarrage sont paramétrables

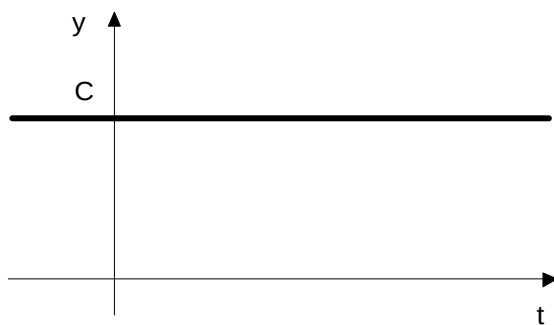


➔ Tous ces Paramètres de base sont nuls par défaut.

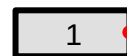
13.1.1 Constante

La source « constante » génère une valeur positive ou négative, qui reste constante pendant toute la simulation. Les deux décalages (OS et Y0) ainsi que le délai au démarrage (TD) sont nuls.

Fonction: $y(t) = C$



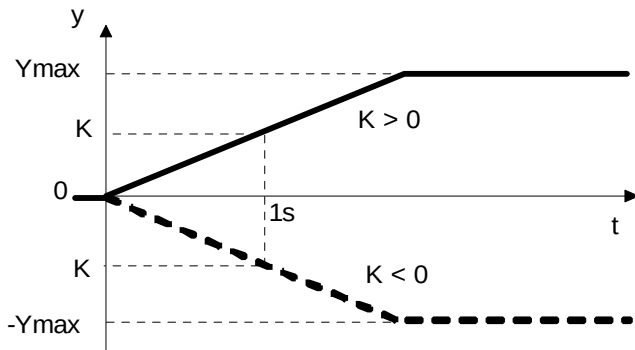
Constante



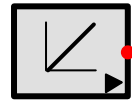
13.1.2 Rampe

La rampe génère une pente constante jusqu'à un maximum paramétrable. La saturation Y_{max} est un nombre positif ou nul. Elle représente la valeur maximale de la pente positive et la valeur minimale (de signe négatif) de la pente négative.

Fonction: $y(t) = A t$



Rampe

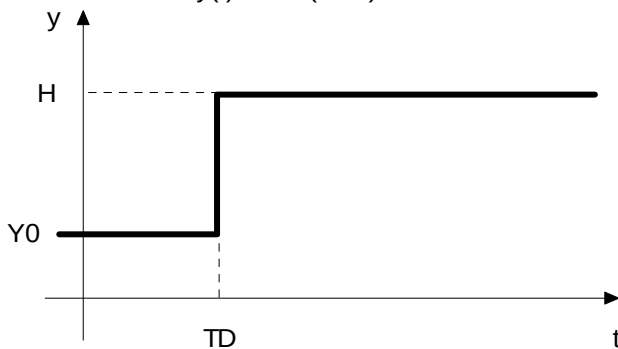


A 1 s-1

13.1.3 Echelon

L'instant du front montant se produit à l'instant $t=TD$ (délai de démarrage).

Fonction: $y(t) = H \sigma(t-TD)$



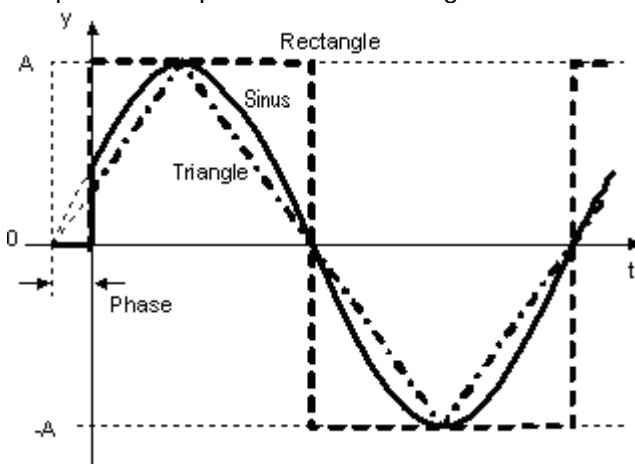
Échelon



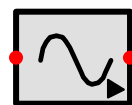
H 1
TD 0 s

13.1.4 Oscillateur

L'oscillateur produit des signaux de sortie sinusoïdaux, rectangulaires ou triangulaires. La fréquence, l'amplitude et la phase initiale sont réglables.



Oscillateur



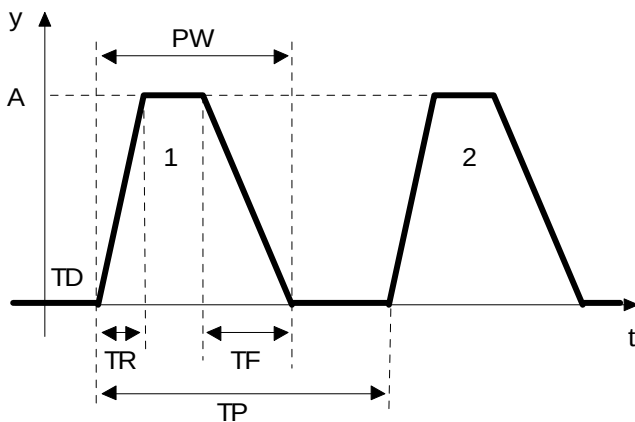
f0 1 Hz
A 1
Ph 0 °

Par l'intermédiaire du port d'entrée de modulation, (coté gauche du bloc) l'oscillateur peut travailler comme un oscillateur commandé en tension (VCO/OCT). La fréquence de sortie (f) est proportionnelle à celle (f_0) du signal d'entrée ($f = \text{Modulo} \times f_0$, modulation linéaire) ou exponentielle au signal d'entrée ($10^{\text{Modulo}} \times f_0$, modulation exponentielle).

Quand le port d'entrée de modulation n'est pas employé, la fréquence de sortie est constante $f = f_0$.

13.1.5 Impulsions (générateur d'impulsions)

Le générateur d'impulsions permet de réaliser une série d'impulsions identiques. La séquence de sortie se compose d'une impulsion unique ($N=1$) ou de plusieurs impulsions (par exemple $N=6$) ou d'un nombre infini d'impulsions ($N<0$).



Impulsions



A	1
PW	1 s
TP	2 s
N	1
TD	0 s

La pente positive précède toujours la pente négative. Avant le commencement de la pente positive, la pente négative doit être terminée. Si la pente positive est plus longue que la période, elle se termine à la fin de la période et la pente négative est omise.

13.1.6 Modulation de largeurs d'impulsions (PWM : MLI)

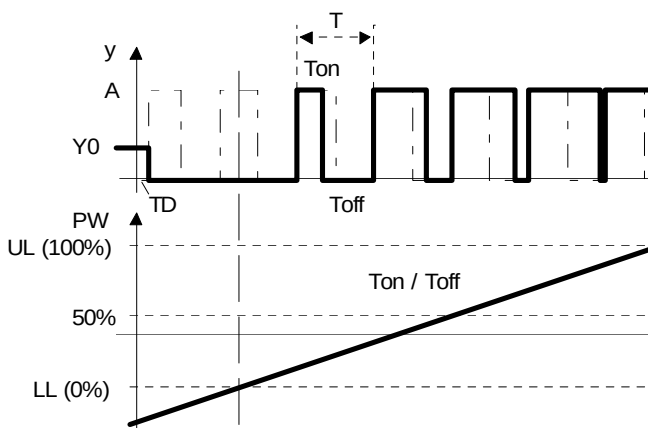
Le modulateur de largeurs d'impulsions produit d'un signal de sortie rectangulaire de fréquence, de phase et d'amplitude ajustables. Le rapport entre Ton/Toff est configurable grâce au signal d'entrée (exemple de fonctionnement : placer en entrée un bloc « constante » et sans changer les paramètres par défaut du MLI (en particulier $LL=0$ et $UL=10$) faites varier la valeur de la constante de 0 à 10, dans ce cas vous ferez varier le rapport Ton/Toff de 0 à 1). Le début d'une nouvelle période est toujours matérialisé par un front montant. L'instant du front descendant est contrôlé par la valeur du signal d'entrée. Les valeurs de commande sont encadrées par un seuil bas LL (Lower Limit) et un seuil haut UL (Upper limit). Exemple d'utilisation avec des seuils différents de ceux choisis par défaut :

Si vous avez choisi $LL=4$ et $UL=6$ le signal se comportera de la manière suivante :

- entrée ≤ 4 : Ton = 0%, Toff = 100% (pas de carré sortie, sortie = 0)
- entrée = 5 : Ton = 50% et Toff = 50 % (carré 50 : 50)
- entrée = 5.5 : Ton = 75% et Toff = 25% (carré 75 : 25)
- entrée ≥ 6 : Ton = 100%, Toff = 0% (pas de carré sortie = A)

Nota :

- La différence $UL-LL$ correspond à 100% de la période T dans le cas de notre exemple $T=6-4 = 2$ donc l'entrée étant égale à 5 c'est en fait $LL+0.5 \times T$ ce qui donne un signal carré 50 : 50 Si l'entrée est égale à 5.5 c'est en fait $LL+0.75 \times T$ ce qui donne un carré 75 : 25
- LL peut être plus grande qu' UL voire même négative.



MLI

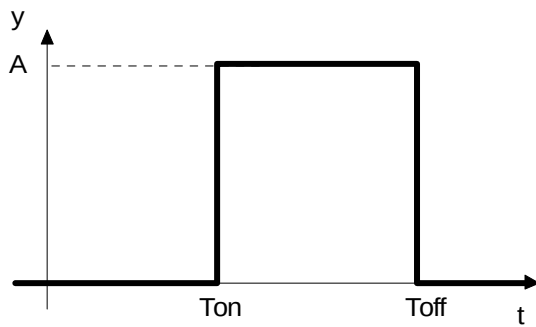


f0	1 Hz
A	1

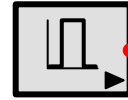
13.1.7 Horloge

L'horloge produit une impulsion carrée unique. Les instants des fronts montants (Ton) et descendants (Toff) sont paramétrables ainsi que l'amplitude du signal.

Fonction: $y(t) = H [\sigma(t-Ton) - \sigma(t-Toff)]$



Horloge

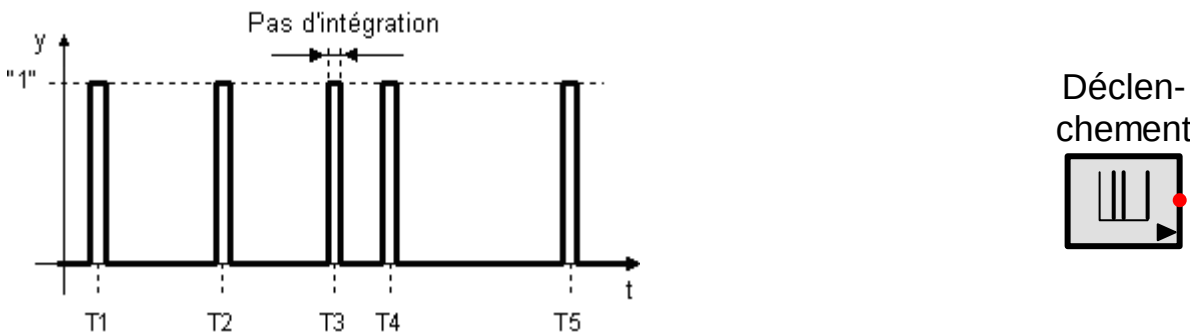


A 1
Ton 1 s
Toff 2 s

13.1.8 Déclenchements (source de synchronisation)

La source de synchronisation fournit un ordre prédéfini d'impulsions. La hauteur des impulsions correspond au niveau logique haut (1) et leur largeur à la valeur courante du pas d'intégration (Option de simulation). Cette source de synchronisation convient au déclenchement d'événements temporels spécifiques dans le cas d'un processus commandé.

Les instants d'impulsions précis, sont fixés dans un onglet spécifique des « *propriétés de simulation* » de la source. En cochant l'option « *itératif* » le signal est répété sans interruption. Si la première impulsion a lieu l'instant $t = 0$ s, la séquence itérative commence à l'impulsion numéro 2, parce que la priorité est donnée à la dernière impulsion.



La séquence d'impulsions peut être stockée dans un fichier texte et être chargée à tout moment. Le nombre maximum des impulsions est de 10 000.

Le format des données dans le fichier texte est identique à celui du fichier utilisé pour la source programmable par l'utilisateur ainsi que pour le fichier utilisé pour la source issue d'un fichier mais dans ce cas ce n'est pas un couple de valeurs par ligne, mais une valeur unique.

Description du format du fichier texte

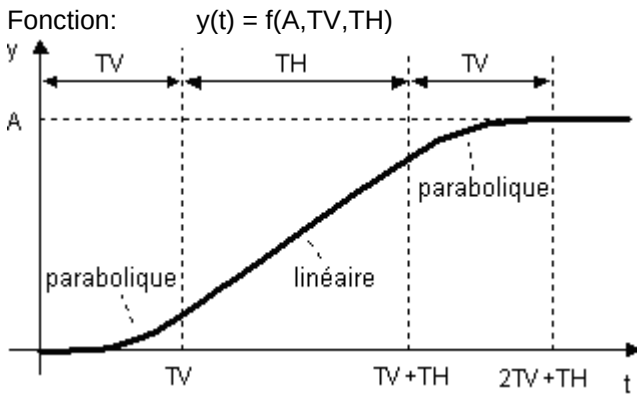
- Une seule valeur par ligne de données. Virgule et point sont des séparateurs décimaux autorisés. Une ligne de données peut être terminée par un commentaire précédé d'un astérisque (*)
- Les lignes de commentaires pures qui commencent par un chiffre doivent être précédées d'un astérisque (*). Des espaces en début de ligne sont autorisés.
- Le fichier doit être un fichier texte à la norme ANSI ou ASCII. L'extension du nom de fichier de défaut est **.txt**, mais n'importe quelle autre extension reconnue par Windows est autorisée

En sauvegardant les données dans un fichier, le séparateur décimal utilisé dépend de la configuration choisie dans les options du programme.

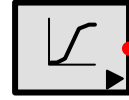
```
trigger source fichier exemple
Créé par Michel Huguet, le 22/12/04
0      *première impulsion à t=0s impulsion exclue de l'itération
3.67   *seconde impulsion. les valeurs temporelles sont placées dans l'ordre croissant
4
4.65                                     (>des lignes blanches sont omises)
5
6,2    *la virgule est aussi reconnue comme séparateur décimal
8      * dernière impulsion
*7 valeurs (* est nécessaire, puisque le commentaire commence avec un chiffre!)
En cochant l'option itératif, la séquence 3.67 à 8 est répétée pendant toute la durée de la
simulation
fin du fichier
```

13.1.9 Démarrage (courbe de conduite)

Avec cette courbe des phases de fonctionnement en trapèze de vitesse peuvent être simulées.



Démarrage



A 1
TV 1 s
TH 5 s

13.1.10 Bruit, générateur de nombres aléatoires

Au moyen de cette source, qui peut également être utilisée comme générateur de nombres aléatoires, il est possible d'évaluer le comportement des systèmes de contrôle automatique en présence de bruit (perturbation non contrôlée).

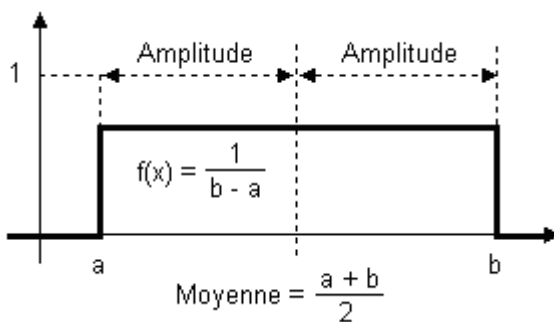
Bruit



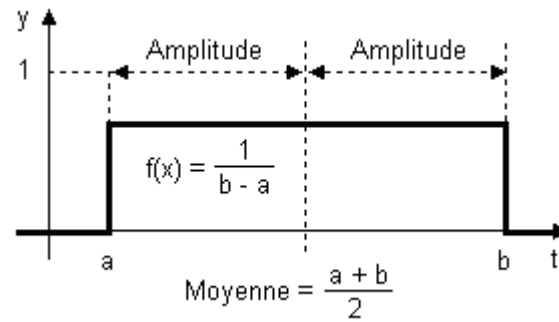
M 1
SD 0.4
A 1

La source de bruit est construite à partir des quatre courbes suivantes :

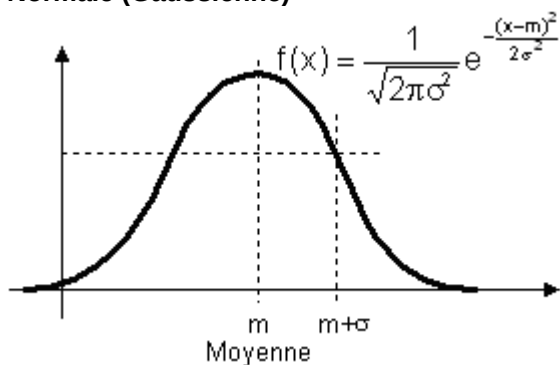
Uniforme (White noise)



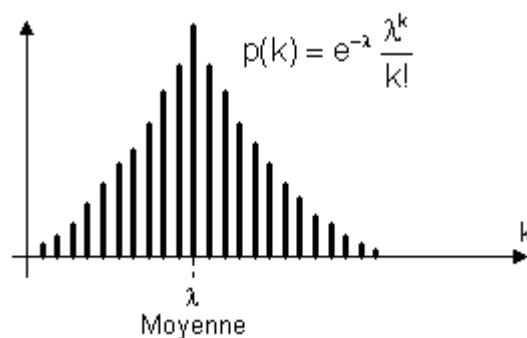
Exponentielle



Normale (Gaussienne)



Poisson



L'option « reproductible » commande le point de départ du générateur aléatoire interne.

Si « reproductible » est coché, cela applique des bruits identiques à chaque simulation successive, même lorsque le schéma est sauvegardé et rechargé.

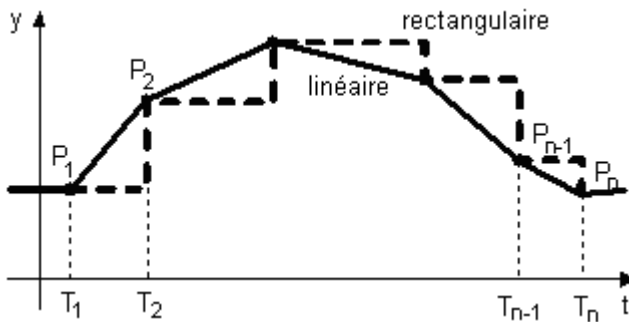
Si « reproductible » est décoché, cela applique des bruits initialisés différemment à chaque simulation.

Si le système a plus d'une source de bruit, chaque séquence de bruit est différente. (Indépendamment de l'état de l'option « reproductible »).

13.1.11 Source programmable

Cette courbe se compose d'une série de points qui forment le signal de sortie. Il est possible de choisir entre une interpolation linéaire ou rectangulaire.

Fonction: $y(t) = f[P1...Pn, t]$



Source
prog.able



La fonction peut débuter avec une valeur initiale ou par la valeur associée au premier point. Une valeur initiale est définie par un premier point fictif avec un temps négatif. Dans ce cas, la valeur associée reste valable pendant toute la durée du délai de démarrage TD. Après TD la valeur du premier point réel est prise en compte. Si il n'y a pas de valeur initiale (point à temps négatif) le premier point est pris en compte dès le début.

Le délai de démarrage retarde la fonction de sa valeur (déplacement à droite).

Par exemple : Un point initialement placé à $t = 2s$ est déplacé à l'instant $t = 3s$ si le délai de démarrage est de $1s$.

Des fronts peuvent être réalisés en plaçant deux valeurs distinctes pour des points placés au même instant.

Le principe de causalité doit être respecté c'est-à-dire que les points doivent être placés dans l'ordre du temps qui passe. Si trois points ou plus sont placés au même instant, seules les valeurs du premier et du dernier point sont prises en compte.

En cochant l'option « itératif » la courbe est répétée sans interruption. Si la première valeur est donnée pour l'instant $t = 0s$, la séquence itérative commence à partir de la valeur numéro 2, parce que la priorité est donnée à la dernière impulsion.

Les valeurs sont stockées dans la source, mais peuvent également être sauvegardées et rechargées dans ou à partir d'un fichier texte.

Description du format du fichier texte :

- Un couple de valeurs (Y-t) par ligne.
- Les valeurs Y et t doivent être séparées par une tabulation ou un point-virgule. Le point et la virgule sont des séparateurs décimaux autorisés. Un commentaire peut être associé à une ligne de données à condition qu'il soit précédé par un astérisque (*).
- Toutes les lignes ne commençant pas par un chiffre, une virgule ou un point sont interprétées en tant que commentaire.
- Le fichier doit être un fichier texte à la norme ANSI ou ASCII. L'extension du nom de fichier de défaut est **txt**, mais n'importe quelle autre extension reconnue par Windows est autorisée. Le nombre de points est limité à 10 000. Si vous tentez de lire un fichier contenant un nombre de points supérieur les points en surplus sont ignorés.

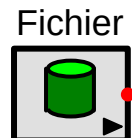
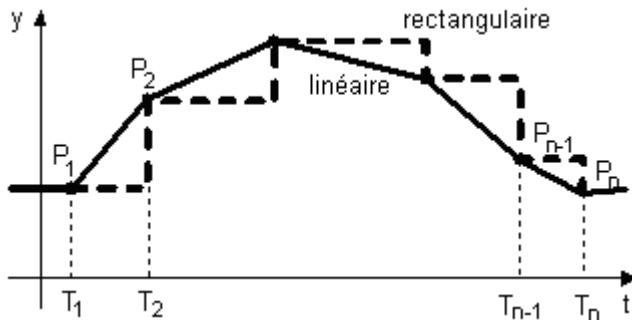
Si les données sont stockées dans un fichier texte, les couples de valeur sont séparées par TAB. le séparateur décimal utilisé dépend de la configuration choisie dans les options du programme.

```
Exemple de fichier : Source programmable
Créé par Michel Huguet le 21/12/04
Ce fichier contient cinq paires de valeurs
-1; 0.5      *Point fictif optionnel pour représenter la valeur initiale
2.45;1      *C'est le premier point. Temps en premier puis valeur de l'ordonnée
3.67;2.5    *Second point. Les valeurs de temps doivent être placées dans l'ordre croissant
5  3.14     *les valeurs sont ici séparées par une tabulation
              (>des lignes blanches sont omises)
6.23;2,5    *la virgule est aussi reconnue comme séparateur décimal les lignes qui ne
              commence pas par un chiffre, un point, ou une virgule sont omises
8;0         *dernière paires de valeurs
*5 paires de valeurs sont lues >>l'astérisque est nécessaire, le commentaire commençant ici
par un chiffre
Fin du fichier exemple
```

13.1.12 Fichier Source

Le fichier source est une source alimentée par un fichier. Il peut contenir jusqu'à 50 sorties. Les données ne peuvent pas être stockées dans la source et sont chargées à partir d'un fichier texte pendant la simulation. Seul le chemin du fichier est stocké dans la source. Si vous copiez le schéma vers un autre ordinateur, vous devez également copier le fichier de données. Par contre, dans ce cas, le chemin du fichier stocké dans la source peut ne pas être valide dans un autre environnement. Le chemin du fichier peut être absolu (c.-à-d. avec la lettre spécifiant un lecteur) ou relative. Un chemin relatif se rapporte au répertoire du schéma.

Fonction: $y(t) = f[P_1 \dots P_n, t]$ (par courbe)



Chaque signal de sortie est construit à partir de points. Le nombre de points doit être indiqué dans la fenêtre Propriétés de simulation à l'item « Nombre de sorties » la valeur associée doit être comprise entre 1 et 50. Le nombre des séries de données dans le fichier texte doit correspondre au moins au nombre de point initiaux fixé dans l'item « Nombre de sorties ». Les séries avec des valeurs en surplus sont admises mais les valeurs en trop sont omises. Les courbes sont toutes initialisées au premier point.

La fonction peut débuter avec une valeur initiale ou par la valeur associée au premier point. Une valeur initiale est définie par un premier point fictif avec un temps négatif. Dans ce cas, la valeur associée reste valable pendant toute la durée du délai de démarrage TD. Après TD la valeur du premier point réel est prise en compte. Si il n'y a pas de valeur initiale (point à temps négatif) le premier point est pris en compte dès le début.

Le délai de démarrage retarde la fonction de sa valeur (déplacement à droite).

Par exemple : Un point initialement placé à $t = 2s$ est déplacé à l'instant $t = 3s$ si le délai de démarrage est de $1s$.

En cochant l'option itératif les séries sont répétées pendant toute la durée de la simulation. Si le premier point se produit au temps 0, il n'est pas répété car le dernier point a la priorité.

Si la simulation dure plus longtemps que le dernier temps stocké dans le fichier et si les répétitions ne sont pas exigées la dernière ordonnée est répétée pour le reste de la simulation.

Description du format des données

Les flux de données et leurs temps associés forment une table. Les colonnes sont séparées par une tabulation, un espace ou un point virgule (les mélanges de type de séparation sont admis !). Le point et la virgule sont les séparateurs décimaux autorisés. La première colonne contient les valeurs de temps, toutes autres colonnes les ordonnées associées. (Toutes les valeurs de sortie sont mentionnées sur une ligne, la première valeur étant associée au temps). Les temps choisis sont arbitraires (aucun intervalle temporel fixe n'est requis), mais les valeurs doivent être dans l'ordre chronologique croissant. Des fronts peuvent être réalisées en plaçant au même instant deux séries d'ordonnées (dans ce cas on répète une ligne commençant par la même valeur temporelle et on change ensuite les valeurs).

Une ligne de données peut être assortie d'un commentaire à condition qu'il soit précédé d'un astérisque (*). Les lignes de commentaires pures ne doivent être précédées d'un astérisque uniquement si elles commencent par un chiffre. Le fichier doit être un fichier texte à la norme ANSI ou ASCII. L'extension du nom de fichier de défaut est txt, mais n'importe quelle autre extension reconnue par Windows est autorisée.

```
Source alimentée par un fichier
Créé par Michel Huguet le 21/12/04
Ce fichier montre trois signaux construits à partir de cinq points différents
-1; 0.5; 0.6; 0.8      *Point fictif optionnel pour représenter la valeur initiale
2.45;1;5;8             *première série d'ordonnées de points pour l'abscisse 2.45
3.67;2.5;4.3;6         *deuxième série pour l'abscisse 3.67
5 3.14 4.5 3.3         *les valeurs sont ici séparées par des espaces
                      (>les lignes blanches ne sont pas interprétées)
6.23 2,5 4.1;2,5       *la virgule est aussi utilisée comme séparateur décimal
                      Les lignes ne commençant pas par un chiffre ne sont pas interprétées
8;0 3,8;1.4            *ceci constitue la dernière série de points
*5 séries de points sont chargées>>* est obligatoire lorsque la ligne commence par un chiffre
fin du fichier exemple
```

Les séries sont plus facilement éditées dans une feuille de tableur (comme Microsoft Excel) puis exportées dans fichier texte (*.txt)

Nota : Le pas d'intégration devrait être choisi idéalement de telle sorte que les étapes d'intégration tombent précisément aux points de données. Si ce n'est pas possible, la taille du pas d'intégration doit être inférieure à la moitié de l'espace de deux points successifs, autrement le filtrage de signal se produit et cela peut modifier le signal de sortie. Faire une vérification visuelle en cas de doute.

13.2 Éléments linéaires

Les éléments linéaires possèdent les propriétés suivantes : l'additivité et la proportionnalité.

$$f(u_1 + u_2) = f(u_1) + f(u_2) \quad \text{Additivité (superposition)}$$

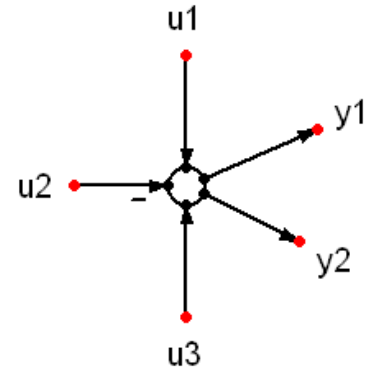
$$f(K \cdot u_1) = K \cdot f(u_1) \quad \text{Proportionnalité}$$

Avec des éléments linéaires il est possible d'effectuer aussi bien des simulations temporelles que des simulations fréquentielles.

13.2.1 Sommateur

Le sommateur possède une ou plusieurs entrées et une seule sortie. Chaque entrée possède son propre signe. Avec une seule entrée le sommateur peut devenir un inverseur.

Le signe de l'entrée se change en choisissant la ligne d'entrée et en appuyant sur la touche + ou - du clavier numérique ou en employant l'option adaptée du menu contextuel.



Fonction: $y(t) = \pm u_1(t) \pm u_2(t) \pm \dots \pm u_n(t)$

Exemple: $y_1 = u_1 - u_2 + u_3$
 $y_2 = u_1 - u_2 + u_3$

13.2.2 Élément Proportionnel (Gain pur)

Le signal d'entrée est amplifié par le gain K.

Paramètres: K

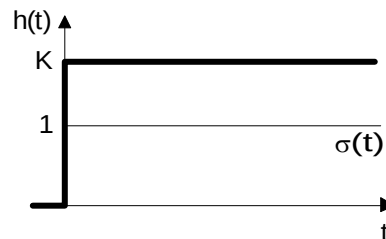
Fonctions

$$y(t) = K u$$

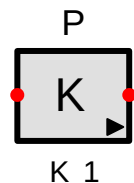
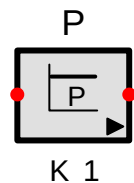
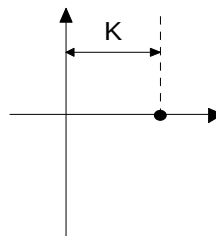
$$G(s) = K$$

Réponse indicielle

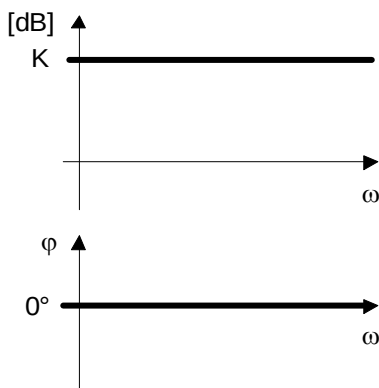
$$h(t) = K \cdot \sigma(t)$$



Lieu de Nyquist



Diagrammes de Bode



13.2.3 Intégrateur

La sortie d'un intégrateur correspond à l'intégrale par rapport au temps du signal d'entrée. Sa réponse à une entrée échelon est une rampe fonction du temps. De ce fait, l'intégrateur peut être considéré comme un dispositif de stockage illimité.

Pour $t < 0$ la sortie est égale à la valeur initiale Y_0 .

Pour une réponse à un échelon, la grandeur de sortie, pour l'instant correspondant à la constante d'intégration T_i , est égale à la valeur de l'amplitude de l'échelon (si $Y_0 = 0$).

La sortie est limitée par $Y_{\min}$ et $Y_{\max}$. Quand la valeur maximum est atteinte, l'intégration est arrêtée et continue dans la direction opposée seulement si la valeur d'entrée a changé de signe. Les limites sont efficaces uniquement, si $Y_{\max} > Y_{\min}$.

Si une valeur logique haute est présente à l'entrée Reset cela remet immédiatement la sortie de l'intégrateur à l'état initial Y_0 . Une valeur analogique est considérée comme un 1 logique si elle est supérieure au seuil V_{th} réglable dans les paramètres de l'intégrateur (valeur de V_{th} par défaut 0.5).

Dans le cas de simulations fréquentielles, l'entrée Reset est inactive. Dans le cas de simulations temporelles, il est possible de laisser l'entrée Reset libre si le besoin de remettre à zéro l'intégrateur ne se fait pas sentir.

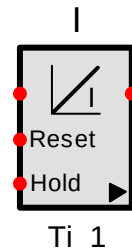
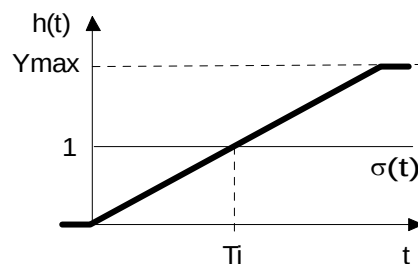
Fonctions

$$y(t) = \frac{1}{T_i} \int_0^t u(\tau) d\tau$$

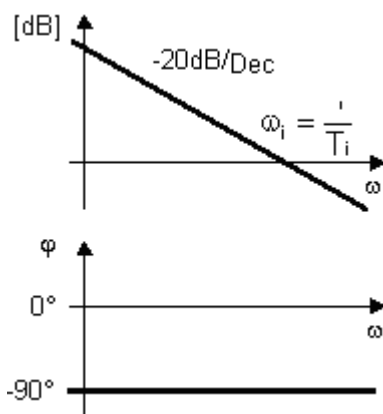
$$G(s) = \frac{1}{sT_i}$$

Réponse indicielle

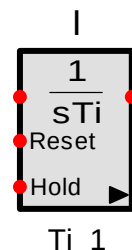
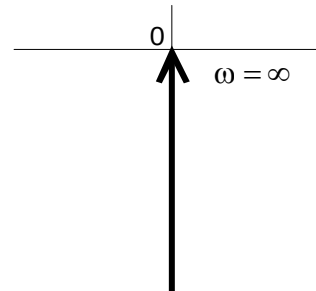
$$h(t) = \frac{1}{T_i} t$$



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.2.4 Dérivateur

Un comportement dérivateur pur ne peut pas exister dans un système réel et ne peut même pas être modélisé numériquement. L'élément dérivateur dont il est question ici est la meilleure approximation possible du dérivateur idéal. Pour les simulations temporelles l'approche dépend de la taille du pas d'intégration et pour les simulations fréquentielles elle dépend de la fréquence de fin de simulation.

La réponse à un échelon d'un dérivateur idéal est une impulsion infiniment élevée qui dure seulement un intervalle de temps infiniment court. Cependant dans les simulations, la taille d'impulsion est limitée à T_D/h et à la longueur d'impulsion h où h est la taille du pas d'intégration. Plus h est court plus la tendance vers un comportement idéal est bonne. Comme un comportement idéal ne peut pas se produire dans les systèmes réels l'approximation créée par SimApp n'est pas un inconvénient.

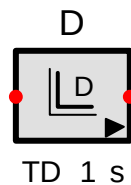
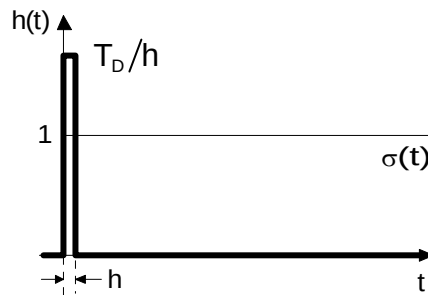
Fonctions

$$y(t) = T_D \dot{u}(t)$$

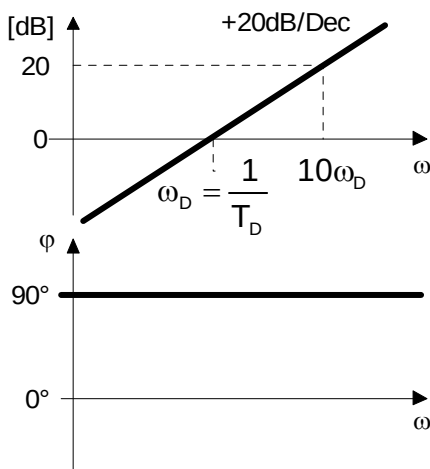
$$G(s) = T_D s$$

Réponse indicielle

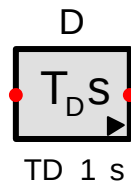
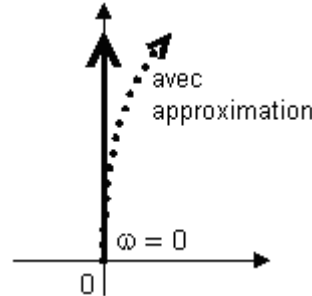
$$h(t) = T_D \delta(t)$$



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



Notes d'exécution :

Puisqu'un dérivateur pur ne peut pas être réalisé par programmation, SimApp utilise la fonction de

remplacement suivante $G(s) = \frac{T_D \cdot s}{1 + T \cdot s}$ avec idéalement $T=0$

Pour **les simulations temporelles** : $T = h$ (taille du pas d'intégration)

Pour **des simulations fréquentielles** :

- $T = \frac{1}{100 \cdot \omega_S}$ avec ω_S = fréquence de fin de simulation (configurée par l'utilisateur)

ou

- $T = T_D / 100$,

Choisir la valeur de T la plus petite.

13.2.5 Dérivateur filtré (DT1)

L'élément DT₁ est constitué de la combinaison d'un dérivateur idéal et d'un élément de premier ordre. Sa réponse à un échelon est fortement atténuée et ainsi limitée en amplitude et le temps de stabilisation par rapport à un dérivateur idéal est sensiblement augmenté.

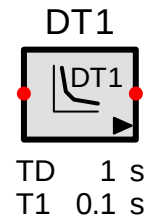
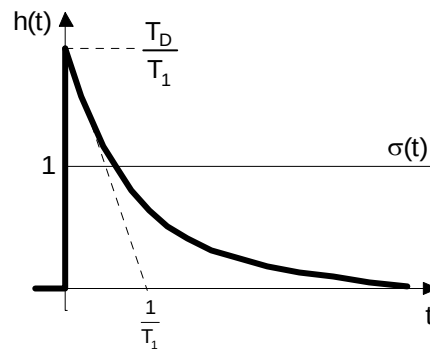
Fonctions

$$y + T_1 \dot{y} = T_D \dot{u}$$

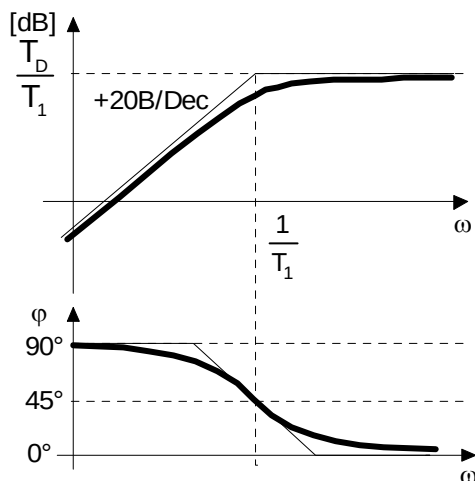
$$G(s) = \frac{T_D s}{1 + T_1 s}$$

Réponse indicielle

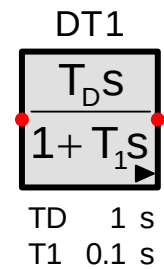
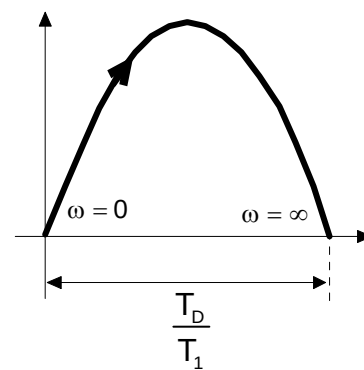
$$h(t) = \frac{T_D}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}}$$



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.2.6 Système fondamental d'ordre 1 (PT1)

L'élément PT1 possède un temps réponse qui ne lui permet pas de suivre un échelon instantanément. La tangente à l'origine n'est pas nulle et il ne se produit aucun dépassement de la valeur finale. Lorsque $t \rightarrow +\infty$ (zone statique) la réponse suit proportionnellement le signal d'entrée.

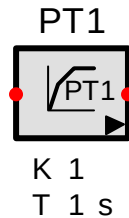
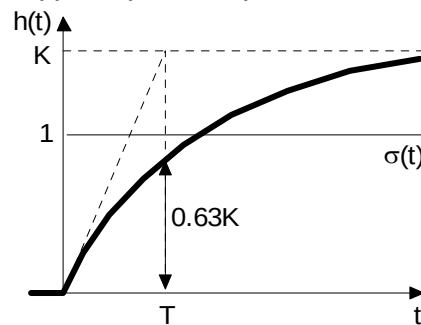
Fonctions

$$T\dot{y} + y = Ku$$

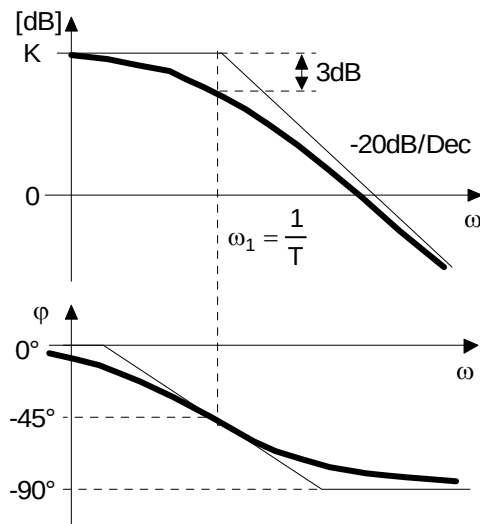
$$G(s) = \frac{K}{1 + T \cdot s}$$

Réponse indicielle

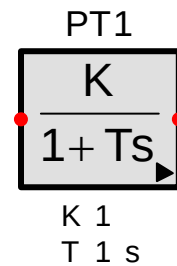
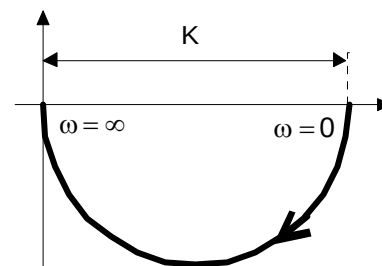
$$h(t) = K(1 - e^{-t/T})$$



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.2.7 Système fondamental d'ordre 2 (PT2)

L'élément PT₂ fait apparaître deux pôles. La réponse à un échelon dépend du coefficient d'amortissement d et de la fréquence propre du système non amorti. Il peut se produire quatre cas :

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. Non amorti : | $d = 0$. La réponse à un échelon est une sinusoïde non amortie. |
| 2. Pseudo oscillatoire : | $0 < d < 1$ |
| 3. Apériodique critique : | $d = 1$ |
| 4. Apériodique : | $d > 1$ |

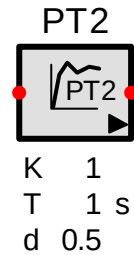
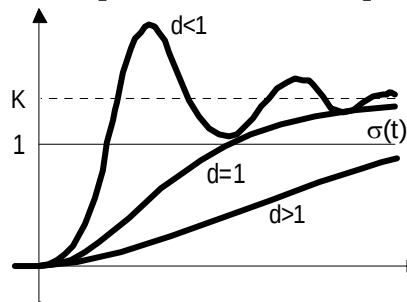
Fonctions

$$T^2 \ddot{y} + 2dT\dot{y} + y = Ku$$

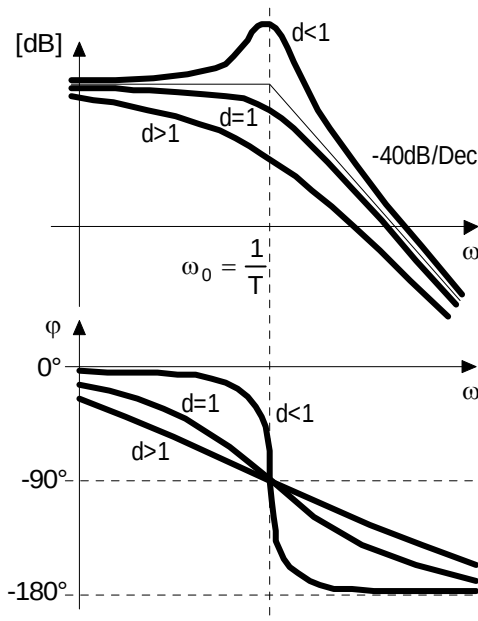
$$G(s) = \frac{K}{1 + 2 \cdot d \cdot T \cdot s + T^2 \cdot s^2}$$

Réponse indicielle

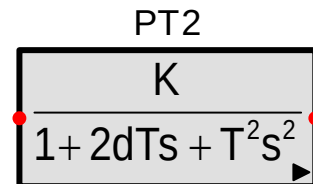
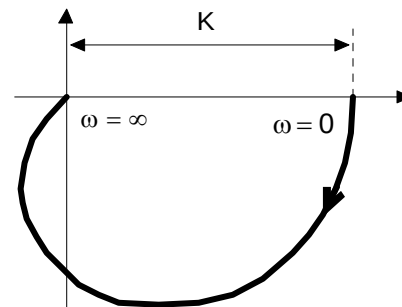
$$h(t) = K - \frac{K}{\sqrt{1-d^2}} e^{-(d/T)t} \sin \left[\frac{\sqrt{1-d^2}}{T} t + \arctan \left(\frac{\sqrt{1-d^2}}{d} \right) \right]$$



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



K	1
T	1 s
d	0.5

Pour $d \leq 1$ on obtient :

$$G(s) = \frac{K}{(1 + T_1 \cdot s)(1 + T_2 \cdot s)}$$

$$T_1 = T(d + \sqrt{d^2 - 1})$$

$$T_2 = T(d - \sqrt{d^2 - 1})$$

13.2.8 Système fondamental d'ordre 2 apériodique (PT1T2)

Cet élément correspond mathématiquement à l'élément PT2, mais le coefficient d'amortissement d est toujours supérieur ou égal à 1. Cela correspond au régime apériodique, où le dénominateur de la fonction de transfert fait apparaître deux racines réelles. Il existe donc deux constantes de temps T_1 et T_2 .

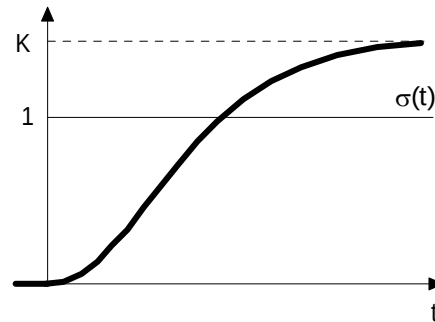
Fonctions

$$y + \dot{y} \cdot (T_1 + T_2) + \ddot{y} \cdot T_1 \cdot T_2 = K \cdot u$$

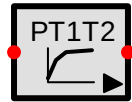
$$G(s) = \frac{K}{(1 + s \cdot T_1)(1 + s \cdot T_2)}$$

Réponse indicielle

$$h(t) = K \left(1 - \frac{T_1 \cdot e^{-t/T_1} - T_2 \cdot e^{-t/T_2}}{T_1 - T_2} \right)$$

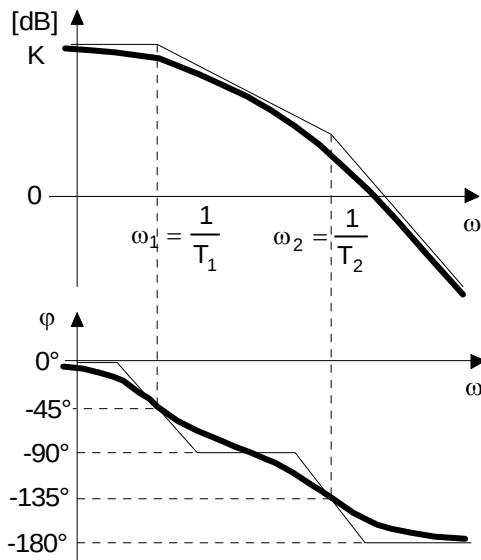


PT1T2

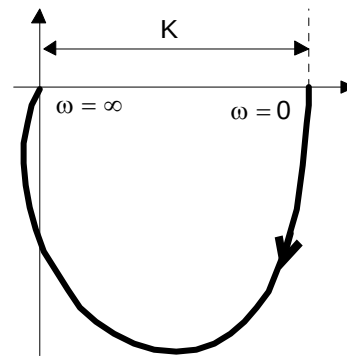


K 1
T1 2 s
T2 1 s

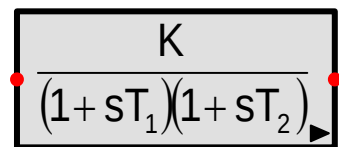
Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



PT1T2



K 1
T1 2 s
T2 1 s

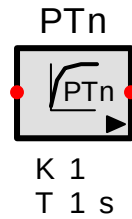
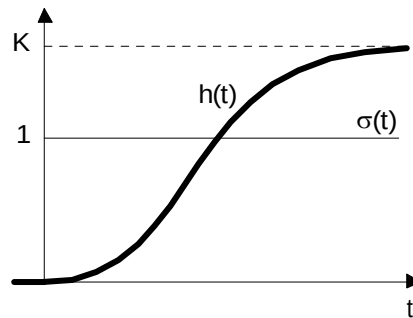
13.2.9 Système fondamental d'ordre n (PTn)

Cet élément a des constantes de temps identiques d'ordre n. Plus n est grand plus la réponse à un échelon est aplatie.

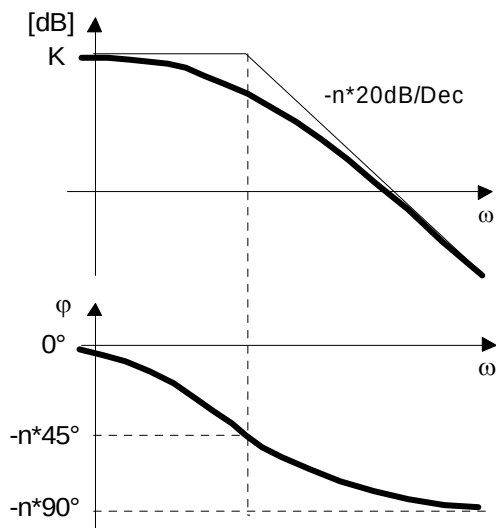
Fonctions

$$G(s) = \frac{K}{(1 + Ts)^n}; \quad n \geq 0$$

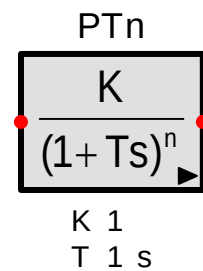
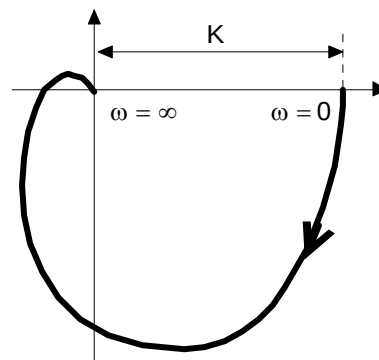
Réponse indicielle



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.2.10 Elément avance retard

Cet élément est un élément rationnel du premier ordre. Dépendant du rapport T_1 sur T_2 , il peut être configuré comme élément de retard ou d'avance.

Ne pas confondre l'élément de d'avance retard avec le régulateur avance retard de phase qui a une fonction de transfert du second ordre.

Fonctions

$$y + T_2 \cdot \dot{y} = K(u + T_1 \cdot \dot{u})$$

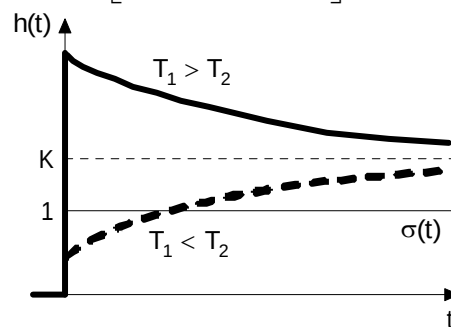
$$G(s) = K \cdot \frac{1 + T_1 \cdot s}{1 + T_2 \cdot s}$$

Avance: $T_1 > T_2$

Retard: $T_1 < T_2$

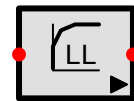
Réponse indicielle

$$h(t) = K \left[1 + (T_1 - T_2) \cdot e^{-\frac{t}{T_2}} \right]$$



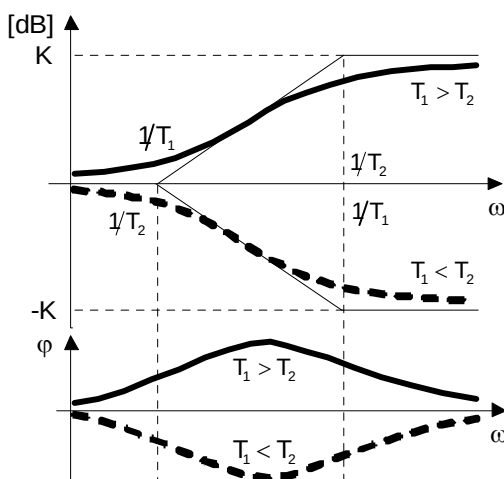
13.2.11 Elément

Avance/
retard

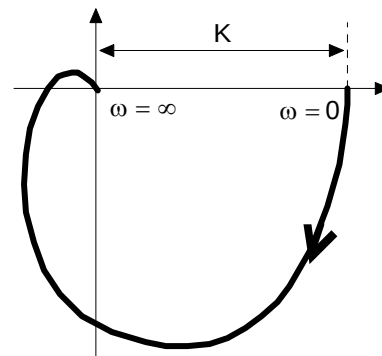


K 1
T1 0.5 s
T2 1 s

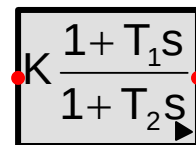
Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



Avance/
retard



K 1
T1 0.5 s
T2 1 s

s))

L'élément $G(s)$ est de la forme générale d'un élément linéaire $Y(s) = G(s) \cdot U(s)$ où la fonction transfert $G(s)$ est une fonction rationnelle.

Fonction transfert:

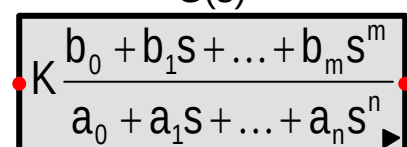
$$G(s) = K \cdot \frac{b_0 + b_1 \cdot s + \dots + b_m \cdot s^m}{a_0 + a_1 \cdot s + \dots + a_n \cdot s^n}; \quad a_n \neq 0 \text{ et } m \leq n$$

$G(s)$



b0: 1 a0: 1

$G(s)$



b0: 1 a0: 1

P, I, PT1, PT2 et les éléments PT1T2 sont des cas particuliers de l'élément $G(s)$. Puisque l'ordre m du numérateur ne doit pas être plus grand que l'ordre n du dénominateur, l'élément ne peut pas avoir un comportement différentiel. Les Diagrammes de Bode, et de Nyquist ainsi que la réponse à un échelon dépendent de l'ordre des polynômes et du choix des coefficients.

13.2.12 Retard pur (PTt)

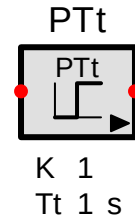
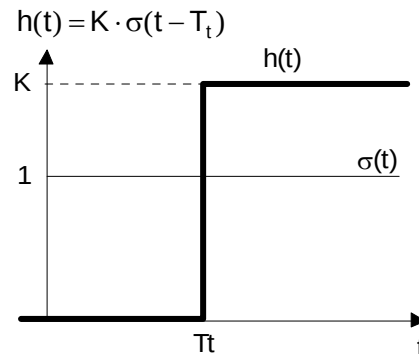
L'élément Retard pur (temps mort) décale le signal d'entrée d'un retard T_t , et ne modifie pas la forme du signal.

Fonctions

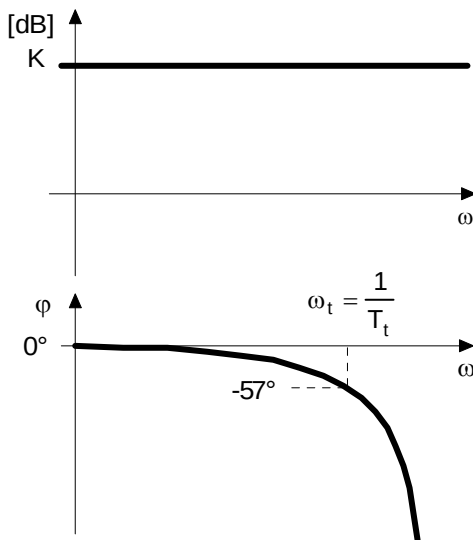
$$y(t) = K \cdot u(t - T_t)$$

$$G(s) = K \cdot e^{-sT_t}$$

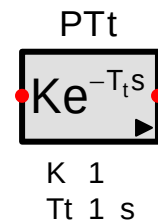
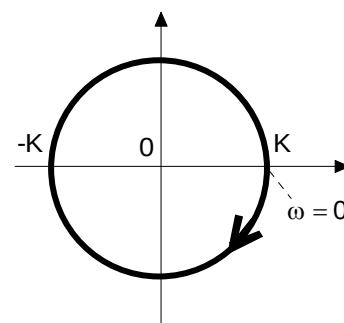
Réponse indicielle



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



Padé- passe tout

La fonction de transfert de l'élément Retard ne possède pas de numérateur ni de dénominateur sous forme polynomiale. Comme les pôles et les zéros ne sont pas définis, les valeurs propres n'existent pas et SimApp n'essayera pas de les calculer.

Pour éliminer cet inconvénient l'élément retard doit être décrit par des variables d'état. Mais cet élément ne peut être complètement défini par un nombre fini de variables d'état, donc il sera approximé de manière appropriée.

SimApp propose deux approximations dues à H.E. Padé [1].

Première méthode : 'Padé passe tout'

La fonction transfert rationnelle des « passe tout » de Padé est définie par :

$$G(T_t s) = \frac{1 + \sum_{i=1}^n (-1)^i a_i T_t^i s^i}{1 + \sum_{i=1}^n a_i T_t^i s^i} \quad \text{où} \quad a_i = \binom{n}{i} \frac{1}{2n(2n-1)\dots(2n-i+1)} \quad i=1,\dots,n$$

Les « passe tout » apportent de bons résultats dans le domaine fréquentiel. La courbe de gain est exacte et celle de phase montre une bonne concordance avec le retard pur jusqu'à une fréquence de $10\omega_t$. Mais dans le domaine temporel la réponse à un échelon est plutôt de mauvaise qualité, la valeur initiale dépend de l'ordre de n est égale à 1 ou à -1 (elle devrait être égale à 0 en réalité). Ensuite, il s'en suit une forte oscillation.

Au moyen de la deuxième approximation il est possible d'obtenir de meilleurs résultats dans le domaine temporel.

Deuxième méthode : 'Padé Approximation'

La fonction transfert rationnelle de l'approximation de Padé est définie par :

$$G(T_t s) = \frac{1 + \sum_{i=1}^{n-1} b_i T_t^i s^i}{1 + \sum_{i=1}^n a_i T_t^i s^i} \quad \text{où} \quad a_i = \binom{n}{i} \frac{1}{(2n-1)(2n-2)\dots(2n-i)} \quad i = 1, \dots, n$$

$$b_i = (-1)^i \binom{n-1}{i} \frac{1}{(2n-1)(2n-2)\dots(2n-i)} \quad i = 1, \dots, n-1$$

Cette approximation de Padé n'a pas les caractéristiques « passe tout » exactes de la première méthode. Mais la réponse à un échelon est bien meilleure. La valeur initiale est ici égale à zéro.

Quelle méthode employer ?

Si vous désirez effectuer des simulations temporelles, il faut employer l'élément idéal retard sans approximation. La réponse est parfaitement exacte sans déformation. Mais les ressources en mémoire deviennent importantes et il peut s'en suivre des temps de calcul assez longs. Par conséquent, une approximation pourrait présenter certains avantages.

Si vous vous décidez pour une approximation et si le bloc retard se trouve placé proche de l'entrée du système, où des échelons effectifs peuvent encore apparaître, vous devez choisir dans tous les cas la deuxième méthode : « Padé Approximation ».

Pour les simulations fréquentielles l'élément idéal retard renvoie des valeurs exactes pour la courbe de gain et celle de phase. Pour le calcul des valeurs propres l'élément retard est remplacé par un élément gain pur sans retard de phase. Par conséquent, les valeurs propres ne sont pas calculées. Pour déterminer des valeurs propres valides il faudra employer une approximation de Padé. Les 'passe-tout' de Padé montrent une bonne réponse en fréquence. Il est à noter pour cette approximation que les pôles et les zéros affectent le système en entier et influencent le nombre et l'importance des valeurs propres.

13.2.13 Élément passe tout d'ordre 1 (PTa1)

L'élément PTa possède un gain constant indépendant de la fréquence. La réponse à un échelon montre un saut négatif au voisinage de $t = 0$ s. Les systèmes possédant des caractéristiques de type passe tout sont difficiles à contrôler

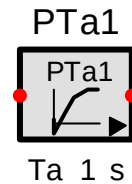
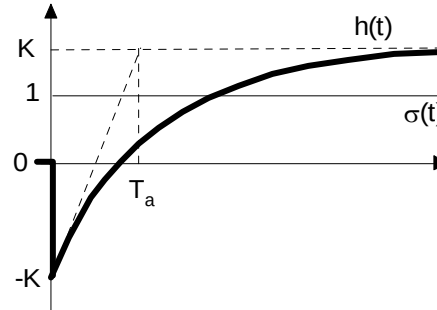
Fonctions

$$y + T_a \dot{y} = K(u - T_a \dot{u})$$

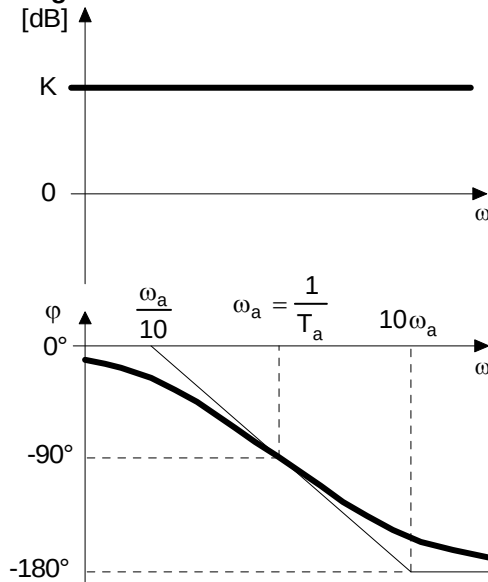
$$G(s) = K \cdot \frac{1 - s \cdot T_a}{1 + s \cdot T_a}$$

Réponse à un échelon

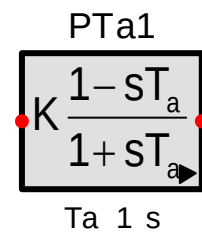
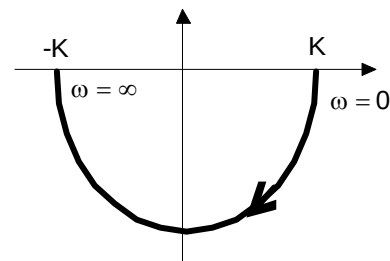
$$h(t) = K(1 - 2 \cdot e^{-t/T_a})$$



Diagrammes de Bode



Courbe en polaire



13.2.14 Élément passe tout d'ordre 2 (PTa2)

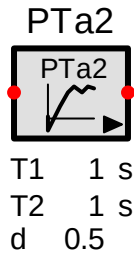
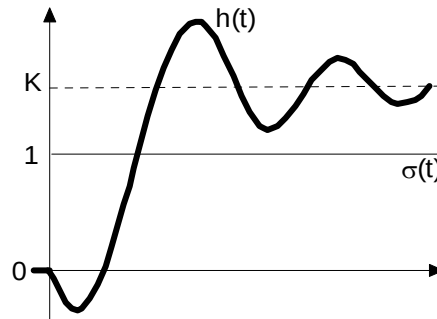
Cet élément montre un saut négatif semblable à celui défini pour l'élément précédent (PTa1), mais la réponse à un échelon diffère dans la deuxième partie. En effet, elle n'est pas statique (comme pour le PTa1) il apparaît une oscillation amortie qui dépend du coefficient d'amortissement présent au dénominateur.

Fonctions

$$y + 2dT_2\dot{y} + T_2^2\ddot{y} = K(u - T_1\dot{u})$$

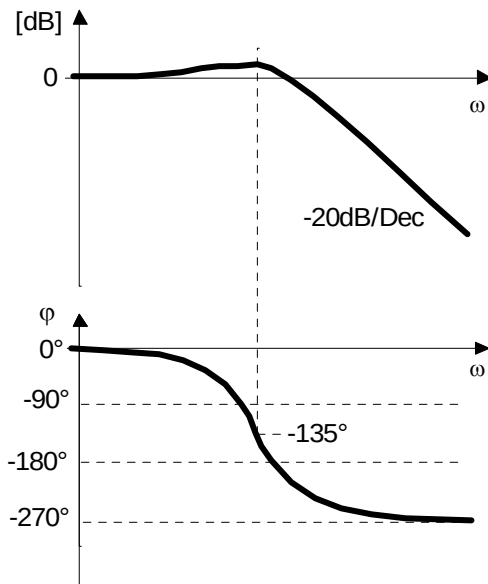
$$G(s) = K \frac{1 - T_1 \cdot s}{1 + 2 \cdot d \cdot T_2 \cdot s + T_2^2 \cdot s^2}$$

Réponse indicielle

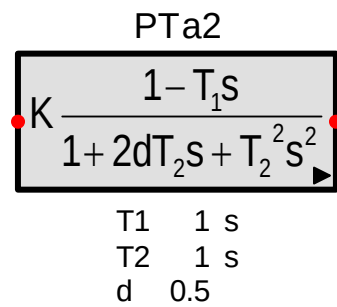
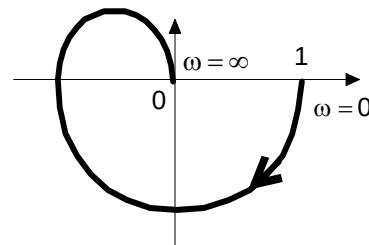


Diagrammes de Bode

Bsp. für T1=1, T2=1; d=0.5



Lieu de Nyquist



13.2.15 Système d'équations différentielles linéaires

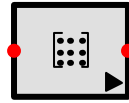
Système d'équations à coefficients constants complètement configurable.

Forme vectorielle

Equation de commande: $\dot{\underline{x}}(t) = A \cdot \underline{x}(t) + B \cdot \underline{u}(t)$

Equations d'observation: $\underline{y}(t) = C \cdot \underline{x}(t) + D \cdot \underline{u}(t)$

SEDL



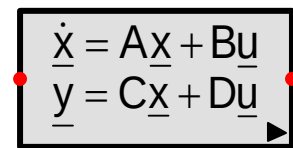
Fonction de transfert

$$G(s) = C(s) \cdot [s \cdot I - A(s)]^{-1} B(s) + D(s) \quad s = j\omega$$

Le système possède n états, p entrées et q sorties.

- $\underline{x}$ vecteur d'état (n x 1)
- $\underline{u}$ vecteur variables d'entrée (p x 1)
- $\underline{y}$ vecteur des grandeurs de sortie (q x 1)
- A matrice décrivant le système (n x n)
- B matrice d'entrée (n x p)
- C matrice de sortie (q x n)
- D matrice de transmission directe (q x p)

SEDL



Paramètres: n<=50, p<=50, q<= 50, coefficients Aik, Bik, Cik, Dik, valeurs initiales xn(i)

Représentation matricielle

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \vdots \\ \dot{x}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdot & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdot & A_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdot & A_{nn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdot & B_{1p} \\ B_{21} & B_{22} & \cdot & B_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ B_{n1} & B_{n2} & \cdot & B_{np} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \cdot \\ u_p \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ y_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdot & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \cdot & C_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ C_{q1} & C_{q2} & \cdot & C_{qn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & \cdot & D_{1p} \\ D_{21} & D_{22} & \cdot & D_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ D_{q1} & D_{q2} & \cdot & D_{qp} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \cdot \\ u_p \end{bmatrix}$$

Dans les systèmes réels la matrice de transmission directe est la plupart du temps égale à 0 (D = 0).

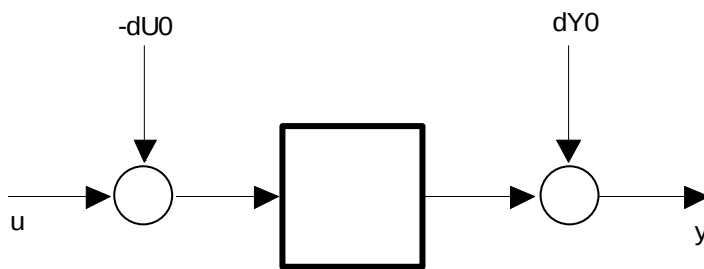
13.3 Eléments non linéaires

Pour les simulations temporelles il n'existe aucune différence entre les éléments non linéaires et les éléments linéaires purs. Contrairement à la simulation fréquentielle où seuls les éléments linéaires sont utilisables (ainsi que les éléments échantillonnés).

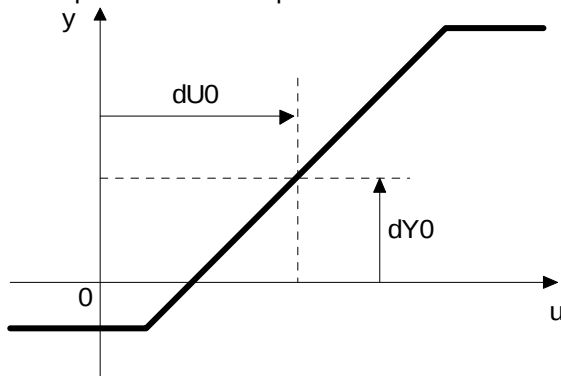
Les fonctions non linéaires les plus importantes sont disponibles en tant qu'éléments propres. Il est d'autre part possible de créer des combinaisons d'éléments non linéaires standard afin de réaliser des fonctions plus complexes.

Décalage entre entrée et sortie

Les caractéristiques de la plupart des membres non linéaires peuvent être décalées dans leur champ de caractéristique. Au moyen d'une valeur constante soustraite au signal d'entrée, la caractéristique est décalée vers la droite et au moyen d'une valeur constante ajoutée au signal de sortie, la caractéristique est décalée vers le haut. Les Paramètres de décalage d'entrée et de sortie ne sont pas affichés dans le schéma au-dessous du symbole de bloc s'ils sont égaux à zéro. Par contre, il est possible de les éditer grâce à la fenêtre « Propriétés de simulation » des blocs correspondants.

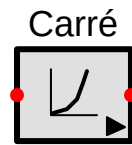
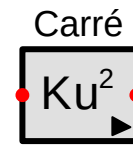
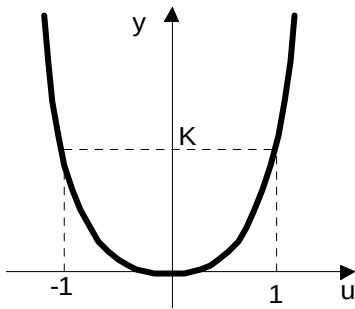


Exemple : Caractéristique de saturation décalée par $dU0$ et $dY0$



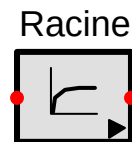
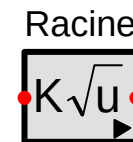
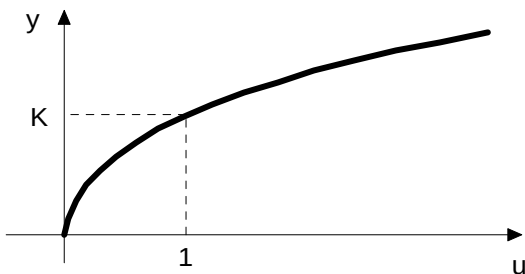
13.3.1 Mise au carré

Relation : $y = K \cdot u^2$



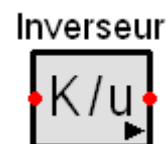
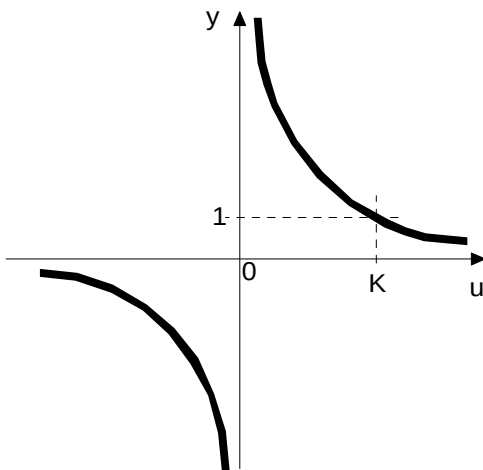
13.3.2 Extracteur de racine

Relation: $y = K \cdot \sqrt{u}$



13.3.3 Inverseur

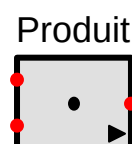
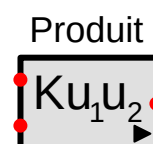
Relation: $y = K / u$



13.3.4 Élément de multiplication (Produit)

L'élément de multiplication calcule le produit entre deux entrées et un gain K.

Relation: $y = K \cdot u_1 \cdot u_2$

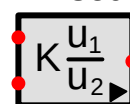


13.3.5 Diviseur

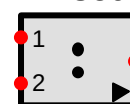
L'élément diviseur divise l'entrée u_1 par l'entrée u_2 et multiplie le résultat par le gain K

Relation: $y = K \cdot \frac{u_1}{u_2}$

Diviseur



Diviseur



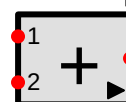
13.3.6 Élément d'arithmétique avec entrées multiples

Cet élément permet de lier plusieurs signaux d'entrée avec les quatre opérations arithmétiques de base : l'Addition, la soustraction, la multiplication et la division.

Le nombre de variables d'entrée peut être librement choisi entre 2 et 50. Les entrées non reliées sont ignorées.

Le signe des variables d'entrée peut être changé dans le menu instantané des lignes de commande associées ou simplement par appui sur les touches + ou – du pavé numérique après avoir sélectionné la ligne considérée.

Arithmétique



Addition et Soustraction

Relation: $y = \pm u_1 \pm u_2 \pm \dots \pm u_n$

La soustraction des variables d'entrée est réalisée en inversant le signe dans la ligne de commande.

Multiplication

Relation: $y = \pm u_1 \times \pm u_2 \dots \times \pm u_n$

La pondération négative est réalisée en inversant le signe dans la ligne de commande.

Division

Relation: $y = \pm u_1 \div \pm u_2 \dots \div \pm u_n$

Le dividende est formé par la première entrée (l'entrée placée tout en haut). Toutes les autres entrées sont les diviseurs. Le signe des dividendes et des diviseurs est déterminé comme expliqué ci-dessus (par l'intermédiaire des signes affectés aux lignes de commande).

13.3.7 Élément de fonction à une entrée

Seules les fonctions les plus importantes ont leur propre élément. Cet élément assure la mise en œuvre de 29 fonctions différentes à une entrée. Parmi elles sont présentes des fonctions linéaires et d'autres non linéaires. Seules les fonctions linéaires peuvent être employées lors de simulations fréquentielles.

Fonc 1



Fonctions trigonométriques et inverses

sin	cos	tan	Cotan	arcsin	arccos	arctan
-----	-----	-----	-------	--------	--------	--------

Fonctions hyperboliques et inverses

cosh	sinh	tanh	arcosh	arsinh	artanh
------	------	------	--------	--------	--------

Fonctions exponentielles et logarithmiques

exp	2 ^x	10 ^x	x ²	x ³	ln	Lb	lg	x ^A	A ^x	log _A	√x
-----	----------------	-----------------	----------------	----------------	----	----	----	----------------	----------------	------------------	----

Fonctions diverses

x	sign	Deg > Rad	Rad > Deg	Cycle > Rad	Rad > Cycle
---	------	-----------	-----------	-------------	-------------

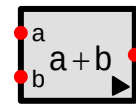
13.3.8 Elément de fonction à deux entrées

Cet élément gère 10 fonctions à variables doubles :

$a + b$	$a - b$	$a \times b$	a / b
a^b	$a^{1/b}$	$\sqrt{a^2 + b^2}$	
$\arctan(a/b)$	$\min(a,b)$	$\max(a,b)$	

a est l'entrée affectée au nœud supérieur et b est affectée au nœud inférieur.

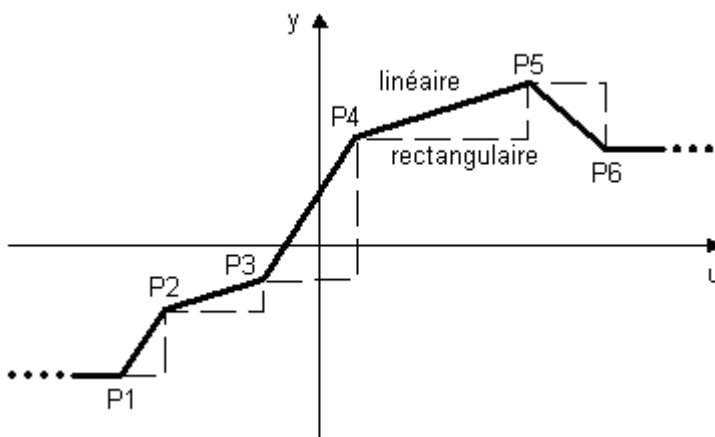
Fonct. 2



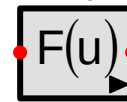
13.3.9 Caractéristique (définie par l'utilisateur)

Cet élément permet de définir une caractéristique non évolutive définie par un ensemble de points (jusqu'à 10 000). En les reliant, il est possible de choisir entre une interpolation linéaire ou rectangulaire.

Relation: $y = f(P1, P2, \dots, Pn, t)$; $n = 1 \dots 10'000$



Caractéristique



Caractéristique

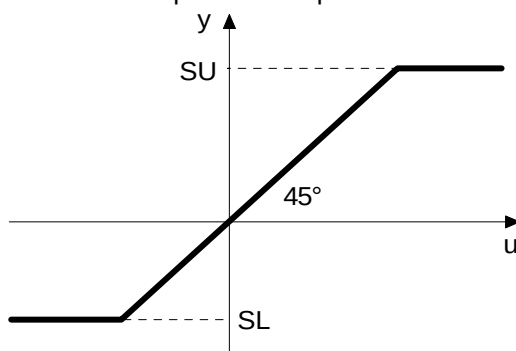


Des échelons peuvent être réalisés en plaçant la même valeur d'entrée u pour deux points adjacents. Les valeurs de sortie du premier et du dernier point sont prises en compte comme valeurs extrêmes constantes de la caractéristique.

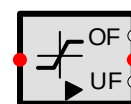
Les valeurs sont stockées dans l'élément, mais peuvent également être archivées dans des fichiers de type texte. Ceci permet l'échange de données avec d'autres applications. Pour la création du fichier, le type de format à employer est décrit au chapitre Source fichier, mais dans ce cas, on ne dispose pas de point fictif représentant une valeur initiale.

13.3.10 Saturation

L'élément Saturation correspond au type de non linéarité le plus couramment utilisé en automatique. Il limite la caractéristique linéaire par deux valeurs de saturation, la supérieure : SU et l'inférieure : SL.



Saturation

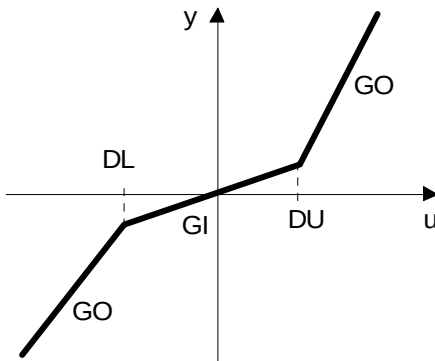


SU 1
SL -1

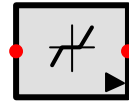
Si le signal d'entrée est plus grand que SU, la sortie OF (overflow) est mise à 1. Si le signal d'entrée est inférieur à SL, la sortie UF (underflow) est mise à 1. Le signal de sortie analogique reste quant à lui toujours situé entre ces limites.

13.3.11 Seuil (zone morte)

L'élément Seuil supprime de petits signaux présents dans la zone morte délimitée entre les valeurs DL et DU. Entre DL et DU le gain est défini par le paramètre GI, en dehors de cette zone le gain est défini par le paramètre GO. La valeur par défaut de GI est 0. Ainsi la sortie est à 0 tant que le signal d'entrée est présent dans la zone comprise entre DL et DU.



Zone morte

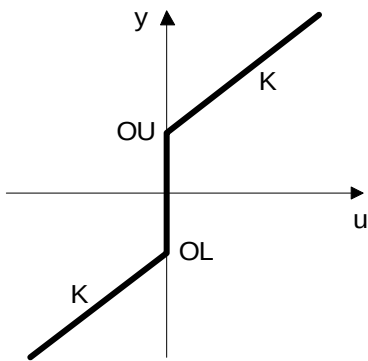


DU 1
DL -1

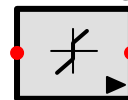
13.3.12 Précharge (Offset)

Cet élément ajoute un décalage positif ou négatif à la valeur d'entrée.

Relations: $u \geq 0: y = OU + K.u$
 $u < 0: y = OL + K.u$



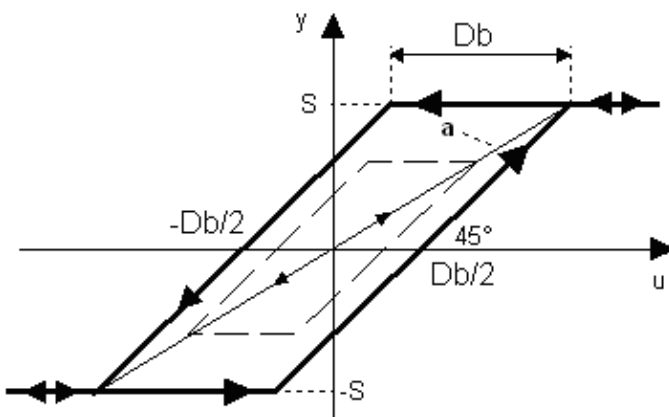
Précharge



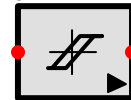
OU 1
OL -1

13.3.13 Hystérésis

S est la valeur maximum de saturation. Si le signal d'entrée ne peut pas atteindre S, la caractéristique formée fait apparaître une boucle d'amplitude plus petite. Si l'entrée commence à zéro, la caractéristique suit la nouvelle courbe a.



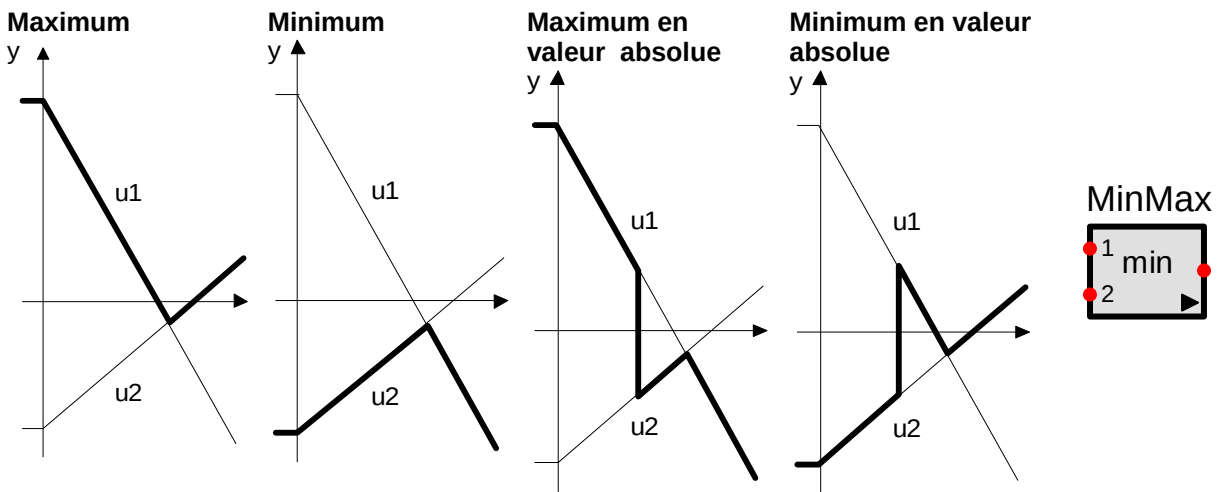
Hystérésis



S 1
Db 1

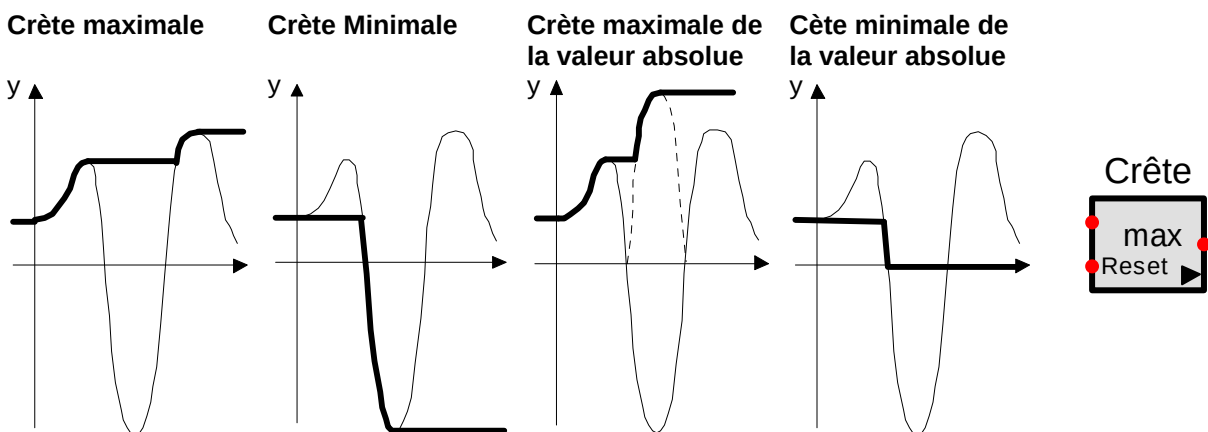
13.3.14 Elément Minimum/Maximum (MinMax)

Cet élément permet de choisir les valeurs maximales ou minimales de deux signaux d'entrée .Il permet aussi de choisir les valeurs absolues maximales et minimales.



13.3.15 Détecteur de crête (valeur extrême.)

Cet élément scrute le signal d'entrée et retient la valeur maximum qui s'est produite depuis le début de la simulation ou depuis la dernière fois que le signal "Reset" a été appliqué. Lors du front montant du signal Reset le détecteur de crête se recale sur la valeur courante du signal d'entrée. Aussi longtemps que le signal Reset est à 1 la sortie suit l'entrée.



13.3.16 Frottement statique

Le mouvement saccadé (stick-slip), de vannes papillons par exemple, génère souvent de gros problèmes d'oscillations dans les boucles d'asservissement. Lorsque la vanne est au repos et que l'effort de commande est augmenté, le papillon ne pivotera pas tant que la valeur de l'effort n'aura pas dépassé un certain seuil. En conséquence le mouvement résultant n'est pas totalement identifiable à une caractéristique de type hystérésis par exemple. Le mouvement initié après la phase de collage (stick) et comparable à un saut (slip) c'est-à-dire une augmentation brutale du déplacement en un temps infiniment court. Le collage se produit lorsque la vanne s'arrête, lorsqu'elle est manœuvrée très lentement ou au changement de sens de déplacement.

L'expression anglaise 'stiction' résulte de l'association des mots "stick" ou "static" et "friction". Cette technologie décrit les phénomènes qui se produisent lorsque les effets du frottement dynamique sont négligeables devant les effets dus au frottement statique (broutement) qui se produisent par exemple dans certaines vannes ou systèmes de guidage.

Frottement statique



DS	3 %
J	1 %
U0	0
U100	10
Y0	0
Y100	10

Ce élément n'est pas limité à l'étude des vannes. Il peut être associé comme modèle à tous dispositifs subissant les phénomènes de stick-sliping. Ce modèle est construit comme une association stick-sliping et

hystérésis.

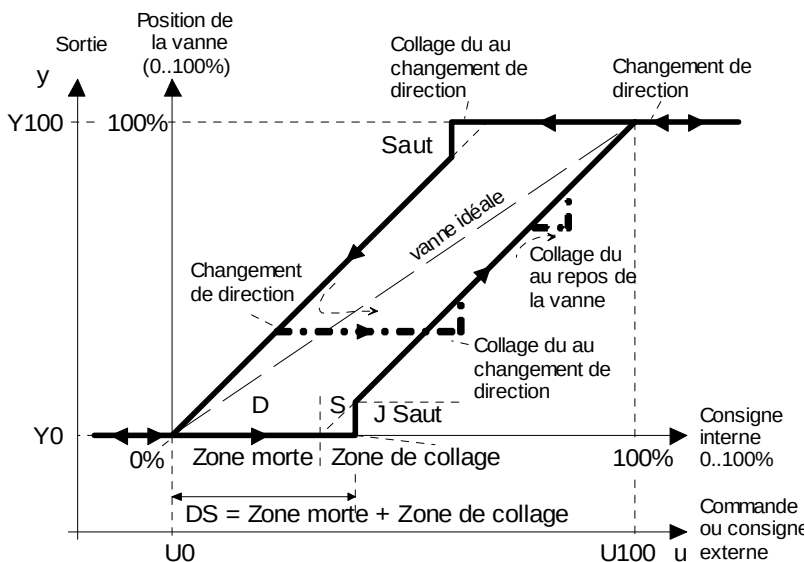
SimApp utilise ici un modèle empirique décrit dans une publication de S.L. Shah (Modelling Valve Stiction). Ce modèle n'est pas basé sur les lois de la physique (tribologie), il est volontairement simple afin qu'il soit facile au personnel industriel de mesurer les paramètres requis.

Dans ce modèle il se produit le phénomène de broutage si le signe du coef. directeur de la pente change ou reste à zéro (vitesse nulle) entre deux temps de calcul consécutifs. L'évaluation de la vitesse de rotation de la vanne se réalise entre deux temps de calcul consécutifs. La durée de l'intervalle de calcul est fixée par le pas d'intégration choisi dans les paramètres de simulation temporelle.

En pratique, le frottement statique est exprimée comme un pourcentage de l'amplitude totale du signal d'entrée ou comme un pourcentage de la valeur de la course totale de la vanne.

Sous SimApp, il est impossible de préciser explicitement la valeur du frottement statique. Cependant dans la réalité la zone morte ne dépasse guère 3%, les zones de collage et de saut sont très limitées ($\leq 1\%$ chacune). Dans les circonstances réelles les zones de collage et de saut sont presque égales (moins de 0.02% d'écart). En conséquence si vous disposez d'une valeur de frottement statique, utilisez la telle quelle pour la valeur de saut (si cette valeur est petite).

Pour plus d'information sur le frottement statique des vannes papillon, référez-vous S.V.P. à la publication et aux pages web de Shah, Ruel et consorts (mots clés : valve, stiction, Shah, Ruel).



Paramètres:

- **DS [%], Zone morte (deadband) + zone de collage (stickband):** Hystérésis de la vanne en % du déplacement total (0..100).
- **J [%], Saut (slip jump):** valeur du saut en %, si l'amplitude du signal d'entrée est supérieure à la zone de collage (0..100).
- **U0:** Valeur du signal d'entrée pour 0% du déplacement de la vanne.
- **U100:** Valeur du signal d'entrée pour 100% du déplacement de la vanne.
- **Y0:** Valeur du signal de sortie pour 0% du déplacement de la vanne.

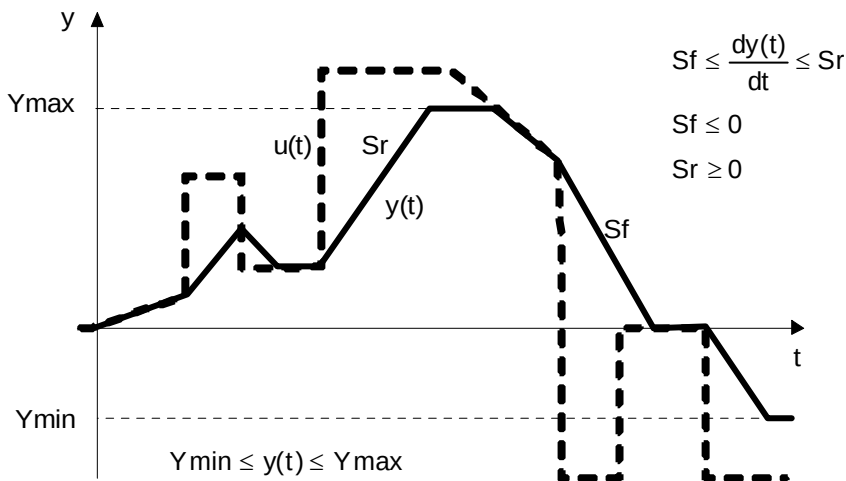
13.4 Organes de réglage

13.4.1 Taux limité

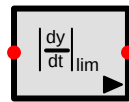
Des organes de réglage qui ne peuvent pas suivre (car trop lents) le signal de commande du régulateur peuvent montrer ce comportement.

Cet élément limite les modifications négatives et positives du signal entre des valeurs maximales et minimales réglables ; en outre, il associe aussi les qualités d'un élément de saturation.

La valeur initiale Y0 peut être donnée facultativement ou placée comme valeur d'entrée du bloc à l'instant initial. Dans le dernier cas, Y0 est ignorée.



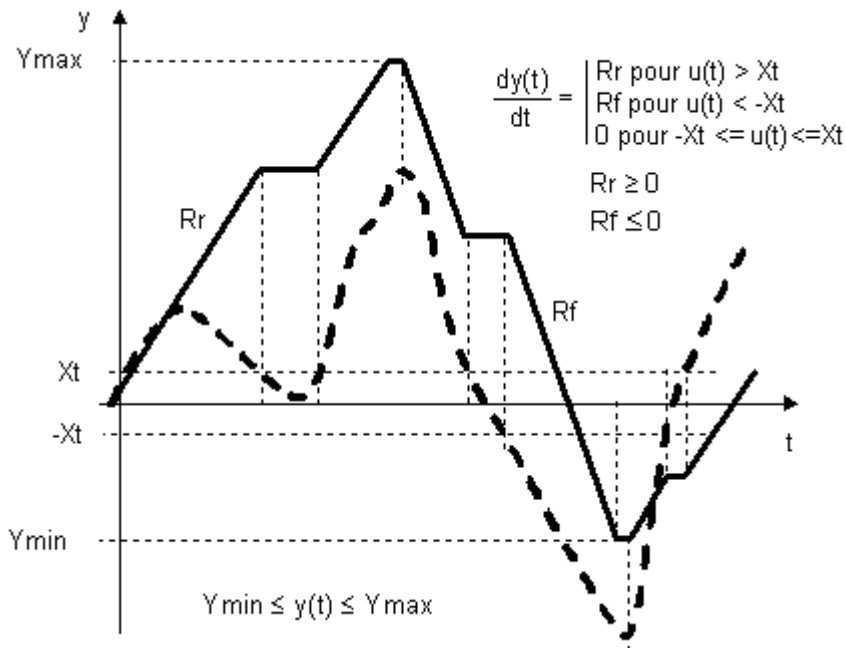
Taux
limité



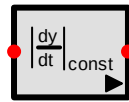
S_r 1 s-1
 S_f -1 s-1

13.4.2 Taux constant

Cet élément ne reconnaît seulement que 3 évolutions pour son signal de sortie. Si le signal d'entrée est trop petit, la sortie reste constante (zone morte), autrement il augmente ou chute (de manière constante) en fonction de la nature du signal d'entrée (pente positive ou négative). Finalement, il existe aussi une saturation qui limite le signal de sortie dans les deux directions.



Taux
constant

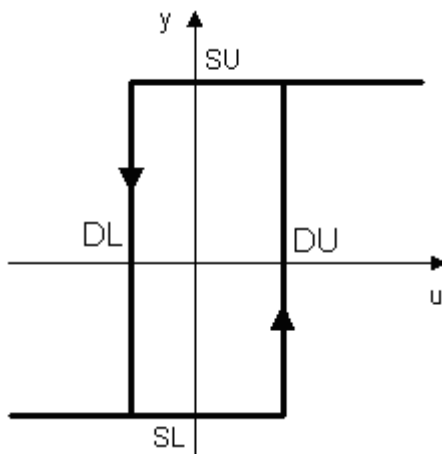


R_r 1 s-1
 R_f -1 s-1

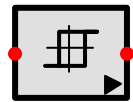
13.5 Correcteurs

13.5.1 Tout ou rien à deux positions

Le signal de sortie évolue entre deux valeurs constantes.



TOR 2

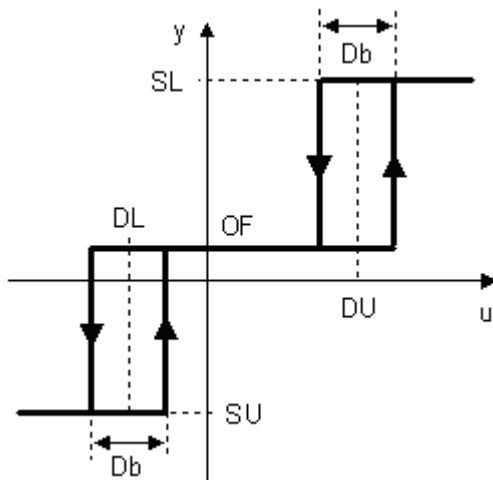


SU	1
SL	-1
DU	0.5
DL	-0.5
Y0	1

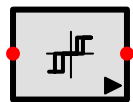
Y0 est la valeur initiale pour $t \leq 0$. Peut être différent de SU et de SL.

13.5.2 Tout ou rien à trois positions

Le signal de sortie évolue entre trois valeurs constantes.



TOR 3



SU	1
SL	-1
Db	1
DU	1
DL	-1
Y0	0

Y0 est la valeur initiale pour $t \leq 0$. Peut être différent de SU SL et de OF.

13.5.3 Correcteur proportionnel et intégral idéal (PI-i)

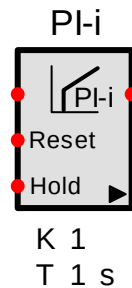
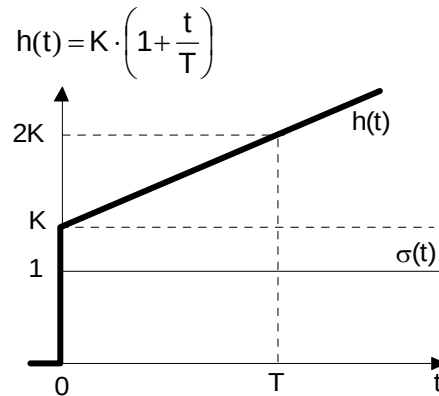
Ce correcteur est employé si le système commandé (processus) possède une erreur statique trop importante. Il n'est pas employé si le système possède déjà un intégrateur pur. Le Correcteur PI idéal élimine donc l'erreur statique dans le cas d'une réponse à un échelon.

Fonctions

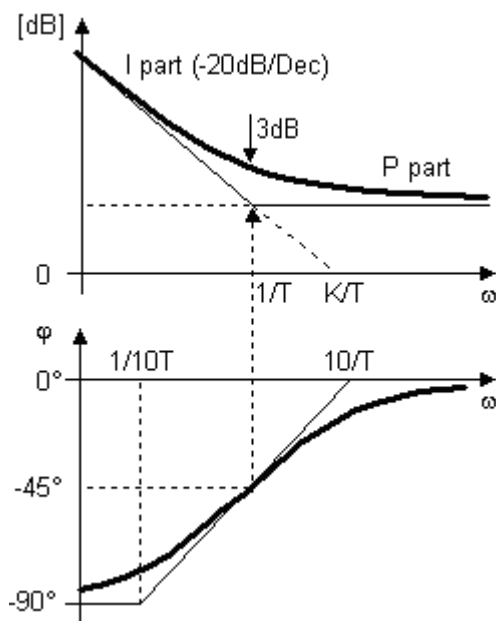
$$y = K \left(u + \frac{1}{T} \cdot \int_0^t u(\tau) d\tau \right)$$

$$G(s) = K \cdot \frac{1 + s \cdot T}{s \cdot T}$$

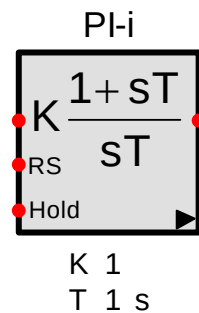
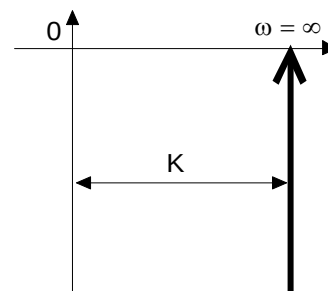
Réponse indicielle



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.5.4 Correcteur PI modifié (PI-m)

C'est un correcteur à retard de phase, il est employé si le système commandé (processus) possède une erreur statique trop importante. Il n'est pas employé si le système possède déjà un intégrateur pur. Il permet, d'autre part de faire chuter le gain aux pulsations élevées sans le modifier aux faibles pulsations.

Fonctions

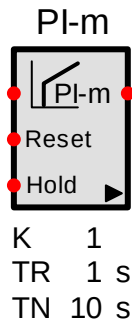
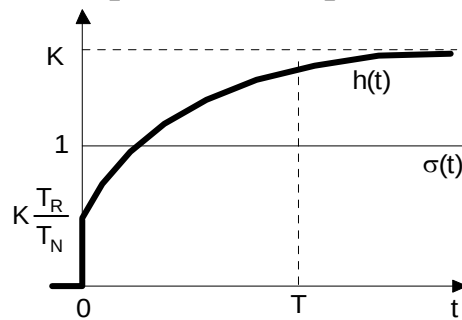
$$y + \dot{y} \cdot T_N = K \cdot (u + \dot{u} \cdot T_R)$$

$$G(s) = K \cdot \frac{1 + s \cdot T_R}{1 + s \cdot T_N}$$

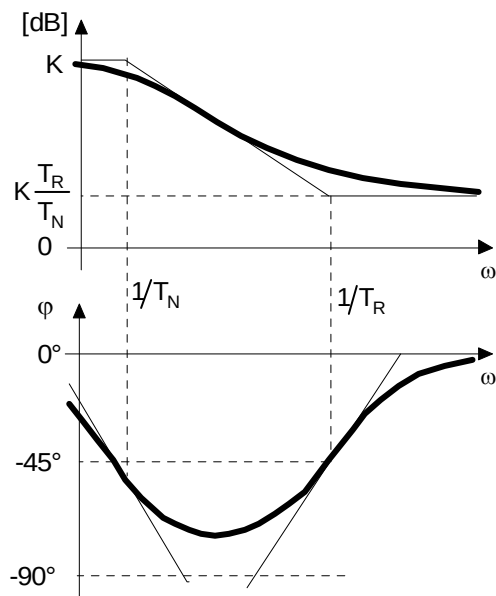
$$T_N \gg T_R$$

Réponse à un échelon

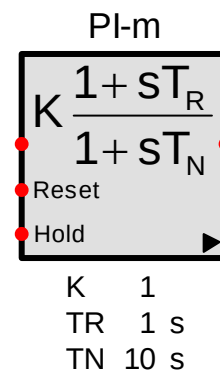
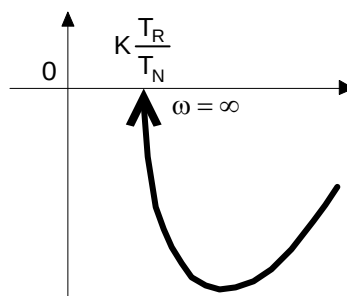
$$h(t) = K \left[1 + \left(\frac{T_R}{T_N} - 1 \right) e^{-\frac{t}{T_N}} \right]$$



Diagrammes de Bode



Courbe en polaire



13.5.5 Correcteur proportionnel et dérivé idéal (PD-i)

Le correcteur PD idéal est conçu comme un correcteur à avance de phase. Il est employé si la réponse dynamique est insuffisante ou si le système est instable (avance de phase de 0° à 90°). Il n'est pas utilisé si le processus commandé ne possède pas de façon intrinsèque une caractéristique intégrale.

La plupart du temps le correcteur PD est employé dans un but pédagogique. Dans la pratique il n'est pas physiquement réalisable et le terme dérivé amplifie le bruit dans le système de contrôle.

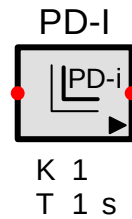
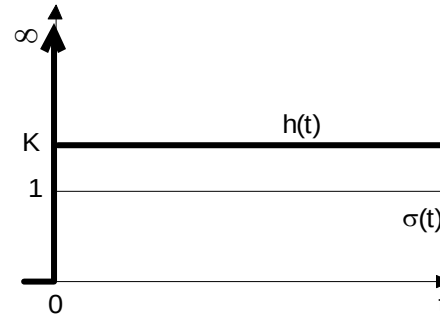
Fonctions

$$y = K(u + T \cdot \dot{u})$$

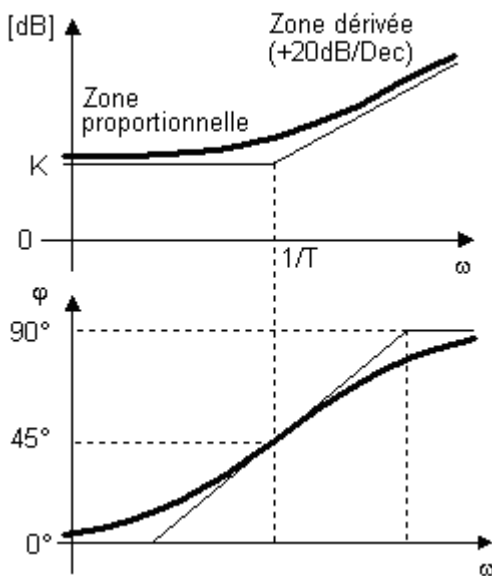
$$G(s) = K(1 + s \cdot T)$$

Réponse indicielle

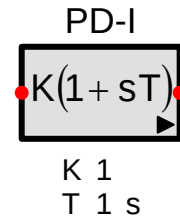
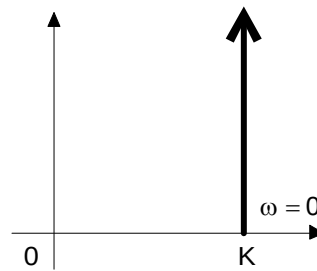
$$h(t) = K \cdot [\sigma(t) + T \cdot \delta(t)]$$



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.5.6 Correcteur Proportionnel et dérivé réel (PD-r)

Le correcteur PD réel est conçu comme un correcteur à avance de phase. Il est employé si la réponse dynamique est insuffisante ou si le système est instable (avance de phase de 0° à 90°). Il n'est pas utilisé si le processus commandé ne possède pas de façon intrinsèque une caractéristique intégrale.

Ce correcteur se comporte comme un correcteur PD idéal, mais il est plus facile à réaliser et garde le bruit (hautes fréquences) dans des limites tolérables.

Fonctions

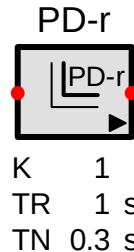
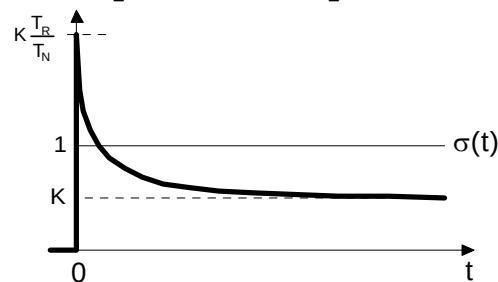
$$y + \dot{y} \cdot T_N = K(u + \dot{u} \cdot T_R)$$

$$G(s) = K \cdot \frac{1 + s \cdot T_R}{1 + s \cdot T_N}$$

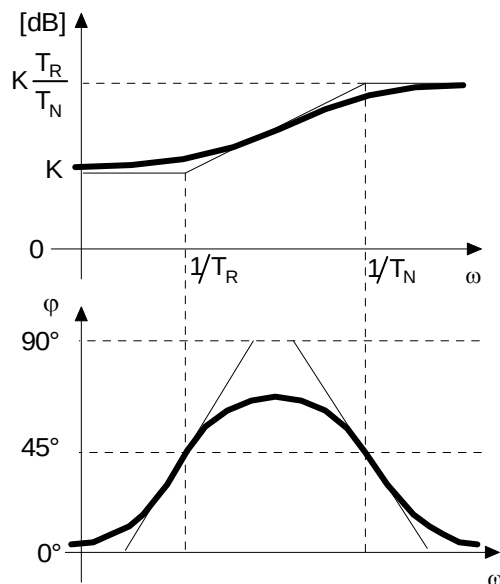
$$T_N < T_R$$

Réponse indicielle

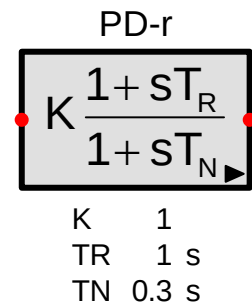
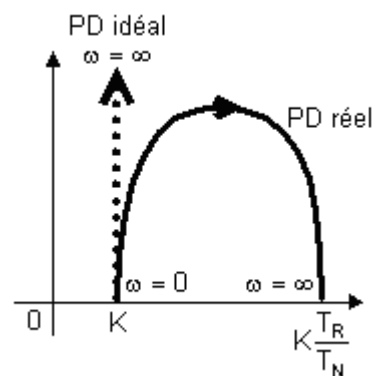
$$h(t) = K \left[1 + \left(\frac{T_R}{T_N} - 1 \right) e^{-\frac{t}{T_N}} \right]$$



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.5.7 Correcteur PID idéal type I (PID-I)

Les correcteurs PID sont utilisés si le processus a besoin d'être corrigé en stabilité et en précision.

Cette première forme du correcteur PID idéal correspond à la mise en parallèle d'un intégrateur et d'un dérivateur idéal précédé d'un gain (PID mixte) et suivi d'un élément de saturation. Le gain, les constantes de temps d'intégration et de dérivation sont paramétrables. En outre l'effet dérivée peut-être retardé par l'intermédiaire de TD (délai de démarrage).

La valeur initiale du signal de sortie est déterminée par la valeur d'entrée, le gain et la valeur initiale Y0I de l'intégrateur : $Y0 = U0 \cdot K \cdot (1 + Y0I)$;

Le signal de sortie peut être limité à l'intervalle Ymin... Ymax par deux valeurs à choisir qui limitent le « windup ».

Le « windup » semble dû au fait que la limite intégrale augmente trop rapidement pendant la saturation. Ainsi, pendant la saturation l'augmentation devrait être ralentie.

Activation de l'Anti-Windup (Anti windup Hold)

L'intégration est arrêtée quand le signal d'entrée de la saturation sort de l'intervalle désiré (intervalle compris entre les limites supérieure et inférieure de la saturation). Dès que le signal revient dans l'intervalle l'intégrateur est réactivé.

Reset de l'Anti-Windup (Anti windup Reset)

Si le signal d'entrée de la saturation dépasse la limite, le signal de sortie de l'intégrateur est réduit de sorte que la somme de l'intégrateur de la dérivée et du gain soit égale exactement la limite (Ymax ou Ymin).

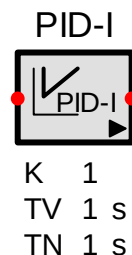
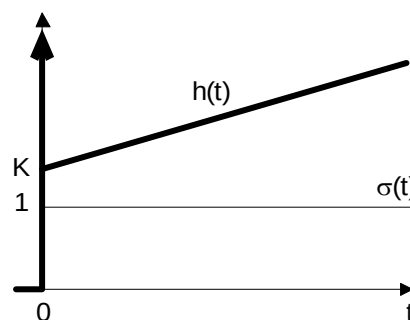
Fonctions

$$y = K \left(u + \frac{1}{T_N} \cdot \int_0^t u(\tau) \cdot d(\tau) + T_V \cdot \dot{u} \right)$$

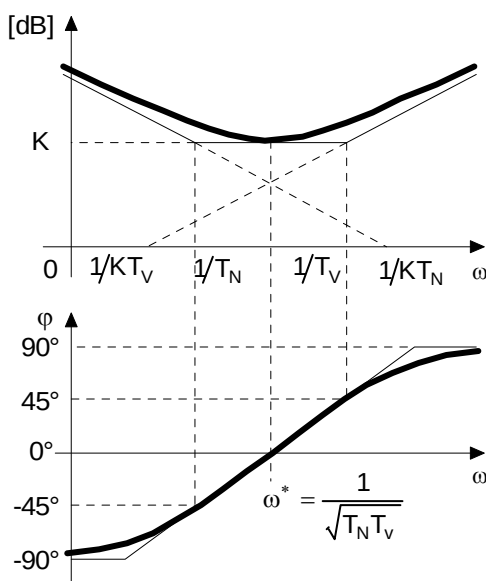
$$G(s) = K \left(1 + \frac{1}{s \cdot T_N} + s \cdot T_V \right)$$

$$T_N > T_V$$

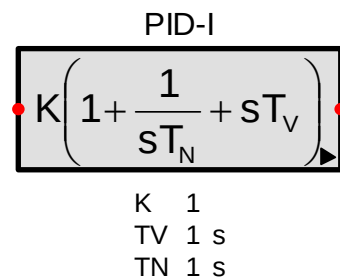
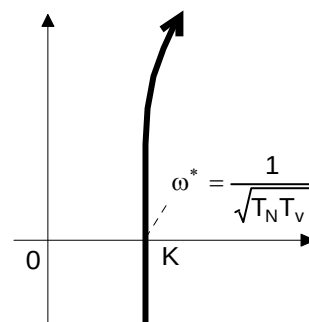
Réponse à un échelon



Diagrammes de Bode



Courbe en polaire



13.5.8 Correcteur PID idéal type II (PID-II)

Les correcteurs PID sont utilisés si le processus a besoin d'être corrigé en stabilité et en précision.

La seconde forme du correcteur PID idéal met en évidence pôles et zéros. Ici les zéros sont connus, ce sont des réels positifs.

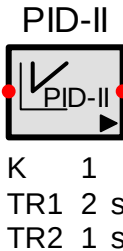
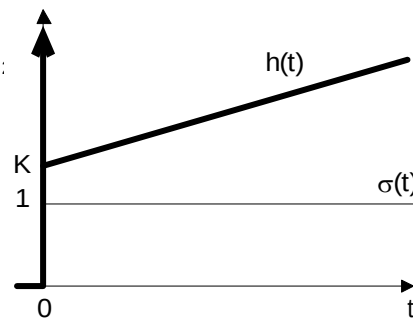
Fonctions

$$y = K \left[(T_{R1} + T_{R2}) \cdot u + \int_0^t u(\tau) d\tau + \dot{u} \cdot T_{R1} \cdot T_{R2} \right]$$

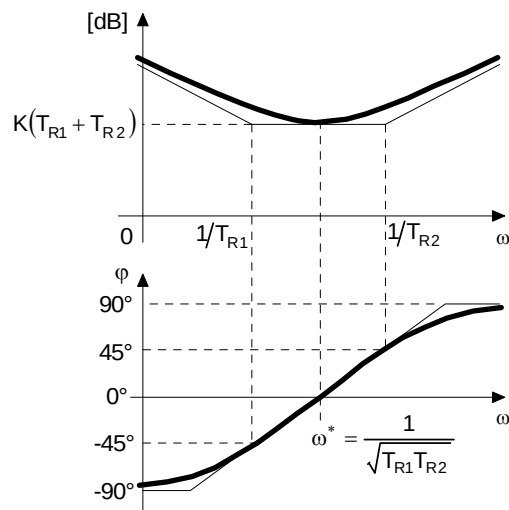
$$G(s) = K \frac{(1 + s \cdot T_{R1})(1 + s \cdot T_{R2})}{s}$$

$$T_{R1} \geq T_{R2}$$

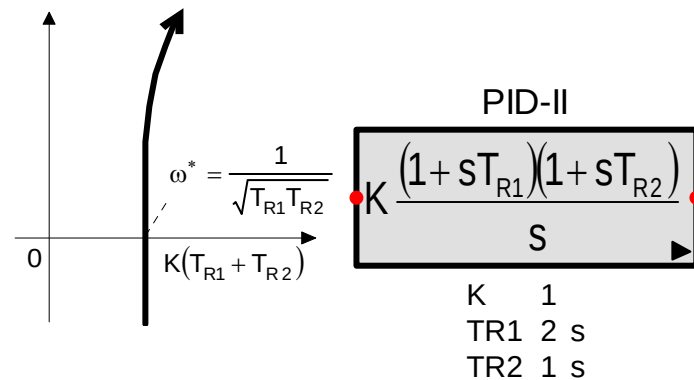
Réponse indicielle



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.5.9 Correcteur PID industriel

Il existe sur le marché beaucoup de correcteurs industriels développant chacun leur propre algorithme de correction, en conséquence il n'existe pas de modèle standard pour ce type de correcteurs.

La terminologie standard est elle aussi inexistante, on peut rencontrer les termes : « idéal, parallèle, série, ISA, interactif, non interactif » etc... Pour certaines dénominations on retrouve un comportement identique entre deux correcteurs, parfois une même désignation correspond à des comportements très différents !

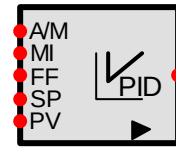
SimApp propose uniquement deux structures associées à la disposition relative des correcteurs intégral et dérivé : structure en série et structure en parallèle, auxquelles on peut adjoindre optionnellement et indépendamment une correction Dérivée (D on PV) ou/et une correction Proportionnelle (P on PV) sur la boucle de retour (PV)

Pour la structure en série, les correcteurs Dérivé et Intégral sont disposés l'un à la suite de l'autre.

Pour la structure en parallèle, les correcteurs Dérivé et Intégral travaillent en parallèle et donc n'interagissent pas l'un avec l'autre.

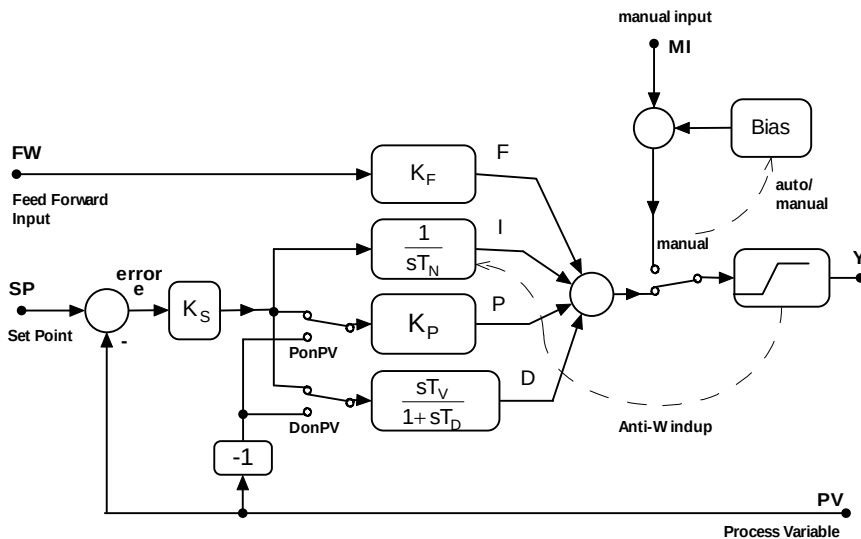
Pour les deux structures, les correcteurs D et P peuvent être basculés sur le signal de mesure du processus plutôt que sur le signal de commande (l'erreur).

PID industriel

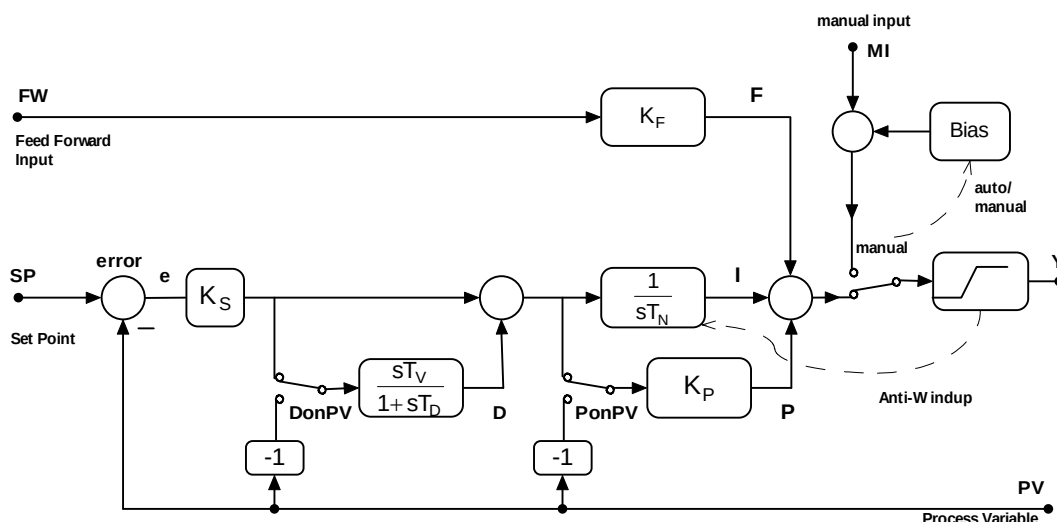


Ks 1
Kp 1
TN 1 s
TV 1 s

Structure en parallèle



Structure en série



Constituants et réglages :

P on PV (action proportionnelle sur la mesure du processus):

Off : l'action proportionnelle agit sur le signal d'erreur (réglage par défaut)

On : l'action proportionnelle agit sur le signal mesuré (boucle de retour PV) cela élimine ainsi (ou réduit, si D est encore présent) le transfert des discontinuités issues du signal délivré au point de réglage (SP) vers le signal de commande Y.

D on PV : (action dérivée sur la mesure du processus) :

Off : l'action dérivée agit sur la modification du signal du point de réglage (SP) (réglage par défaut)

On : l'action dérivée agit sur le signal mesuré (PV) ce qui empêche la création d'impulsions sur le signal de commande qui seraient issues de discontinuités (sauts) du signal présent au point de réglage.

Feed-forward action: (perturbations)

Ce canal permet de modifier le processus indépendamment de l'état de l'erreur. Il autorise une réaction anticipée ou plus rapide s'il se produit des perturbations au point de réglage (SP).

Manual mode : Mode manuel :

En mode manuel toutes les actions de régulations sont réalisées au travers de la borne d'entrée manuelle (MI). Il est possible de passer du mode automatique au mode manuel sans discontinuités.

Lors du basculement du mode automatique au mode manuel, il se produit une adaptation du signal qui permet de n'engendrer aucune discontinuité en sortie du régulateur.

Lors du basculement inverse la sortie de l'intégrateur est réglée de telle manière que le transfert est garanti sans discontinuité.

En mode manuel l'action proportionnelle P et l'action dérivée D fonctionnent normalement mais leurs sorties ne sont pas exploitées. L'action intégrale I est interrompue et non employée.

Filtre passe bas de premier ordre sur le canal D

Afin de réduire le bruit d'amplification à l'entrée du contrôleur, un filtre passe bas est combiné à une dérivée. Ainsi c et assemblage constitue un élément de type DT1.

Limitation de la sortie, Saturation

Limitation du signal de contrôle pour prévenir les surcharges

Verrouillage de l'anti-windup :

L'intégration est interrompue et bloquée lorsque le signal de contrôle présent à l'entrée de la saturation sort de la zone de validité (zone comprise entre la limite inférieure et supérieure de la saturation). Dès que le signal revient dans la zone de validité l'intégration reprend.

Reset de l'anti-windup:

Si le signal de contrôle présent à l'entrée de la saturation dépasse les limites, la sortie de l'intégrateur est réduite de telle sorte que la somme de tous les signaux (intégrateur, dérivée, proportionnel, feed-forward) soit égale exactement à la limite supérieure ou inférieure de la saturation (Ymax ou Ymin)

13.5.10 Correcteur PID adaptatif

Ce correcteur est comparable au correcteur PID idéal, de type I, mais ici les paramètres préréglés K_0 , TV_0 et TN_0 peuvent être modifiés pendant la simulation par des signaux de commande. La commande de paramètre peut être multiplicatrice ou additive. Ainsi, les valeurs des paramètres effectifs deviennent :

pour la commande multiplicatrice :

$$K = K_0 * k$$

$$TN = TN_0 * n$$

$$TV = TV_0 * v$$

pour la commande additive:

$$K = K_0 + k$$

$$TN = TN_0 + n$$

$$TV = TV_0 + v$$

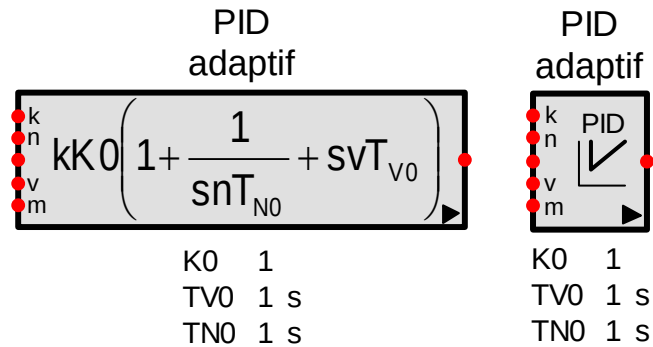
Lorsque les entrées ne sont pas reliées, le paramètre associé garde sa valeur préréglée.

Les limites peuvent également être multipliées au moyen du signal d'entrée associé au noeud m :

$$Y_{min} = Y_{min0} * m$$

$$Y_{max} = Y_{max0} * m$$

Si le noeud d'entrée m n'est pas relié les valeurs limites restent inchangées.



13.5.11 Correcteur PID réel (PID-r)

Le correcteur PID réel diminue l'influence du terme dérivée dans la gamme des hautes fréquences (bruit). Il est plus aisé à réaliser.

Fonctions

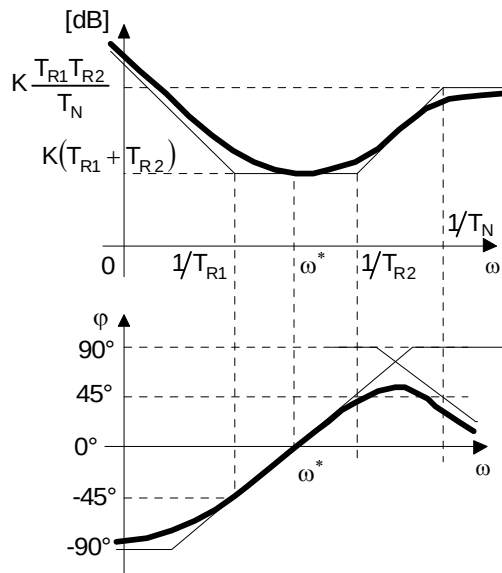
$$y + T_N \dot{y} = K \left[(T_{R1} + T_{R2}) u + \int_0^t u(\tau) d\tau + T_{R1} \cdot T_{R2} \cdot \dot{u} \right]$$

$$G(s) = K \cdot \frac{(1 + s \cdot T_{R1})(1 + s \cdot T_{R2})}{s(1 + s \cdot T_N)}$$

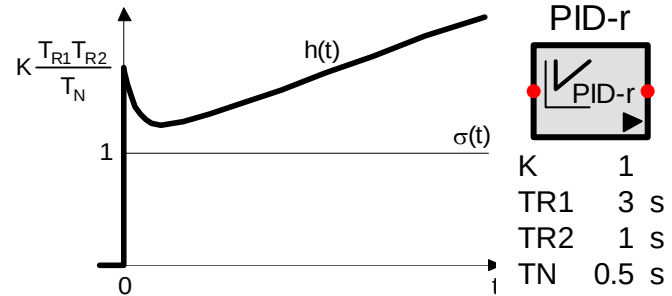
$$T_{R1} \geq T_{R2} > T_N$$

$$\omega^* = \frac{1}{\sqrt{T_{R1} T_{R2} - (T_{R1} + T_{R2}) T_N}}$$

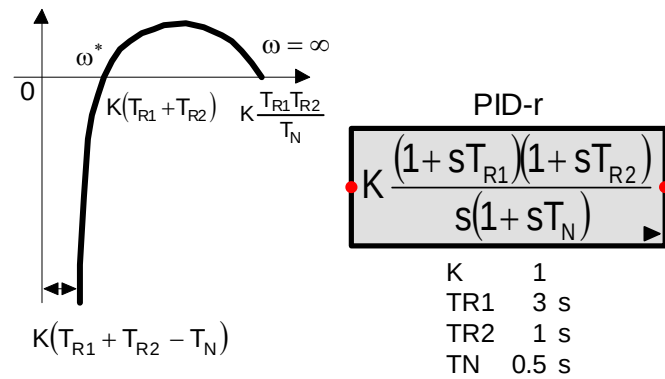
Diagrammes de Bode



Réponse indicielle



Lieu de Nyquist



13.5.12 Correcteur PID modifié (PID-m)

Le correcteur PID modifié est adapté aux réglages des pôles et des zéros de manière ponctuelle, flexible et spécifique. Il convient à l'annulation des pôles et zéros dans le processus à corriger.

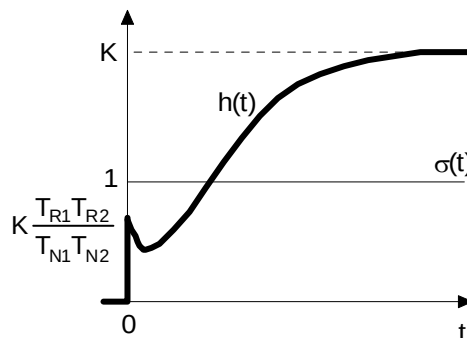
Fonctions

$$y + \dot{y} \cdot (T_{N1} + T_{N2}) + \ddot{y} \cdot T_{N1} \cdot T_{N2} = K \cdot [u + \dot{u} \cdot (T_{R1} + T_{R2}) + \ddot{u} \cdot T_{R1} \cdot T_{R2}]$$

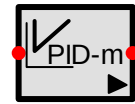
$$G(s) = K \cdot \frac{(1 + s \cdot T_{R1})(1 + s \cdot T_{R2})}{(1 + s \cdot T_{N1})(1 + s \cdot T_{N2})}$$

$$T_{N1} \gg T_{R1} \geq T_{R2} > T_{N2}$$

Réponse à un échelon

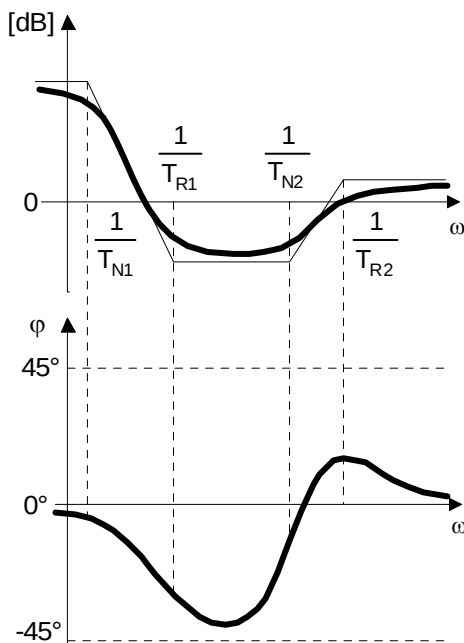


PID-m

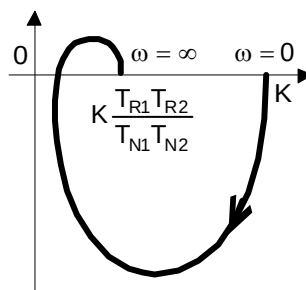


K	1
TR1	2 s
TR2	1 s
TN1	10 s
TN2	0.5 s

Diagrammes de Bode



Courbe en polaire



PID-m

$$K \frac{(1 + sT_{R1})(1 + sT_{R2})}{(1 + sT_{N1})(1 + sT_{N2})}$$

K	1
TR1	2 s
TR2	1 s
TN1	10 s
TN2	0.5 s

13.5.13 Correcteur PID généralisé (PID-a)

Avec le correcteur PID généralisé des numérateurs et dénominateurs à racines complexes sont possibles. Cependant, toutes les formes restent toutefois paramétrables en employant un choix approprié de paramètres.

La réponse à un échelon, les courbes d'amplitude et de phase ou le diagramme de Nyquist ne peuvent pas être affichés en raison de la trop grande variété des possibilités.

Fonctions

$$y + \dot{y} \cdot 2 \cdot d_N \cdot T_N + \ddot{y} \cdot T_N^2 = K \cdot [u + \dot{u} \cdot 2 \cdot d_Z \cdot T_Z + \ddot{u} \cdot T_Z^2]$$

$$G(s) = K \cdot \frac{1 + 2 \cdot d_Z \cdot T_Z \cdot s + T_Z^2 \cdot s^2}{1 + 2 \cdot d_N \cdot T_N \cdot s + T_N^2 \cdot s^2}$$

PID-a

$$K \frac{1 + 2d_Z T_Z s + T_Z^2 s^2}{1 + 2d_N T_N s + T_N^2 s^2}$$

K	1
dZ	1
TZ	1 s
dN	2
TN	2 s

PID-a



K	1
dZ	1
TZ	1 s
dN	2
TN	2 s

13.5.14 Correcteur retard avance de phase

Ce correcteur est utilisé pour améliorer la marge de phase autour du point critique.

Fonctions

$$y + \dot{y} \cdot (T_1 + T_2) + \ddot{y} \cdot T_1 \cdot T_2 = K \cdot [u + \dot{u} \cdot (a \cdot T_1 + b \cdot T_2) + \ddot{u} \cdot a \cdot b \cdot T_1 \cdot T_2]$$

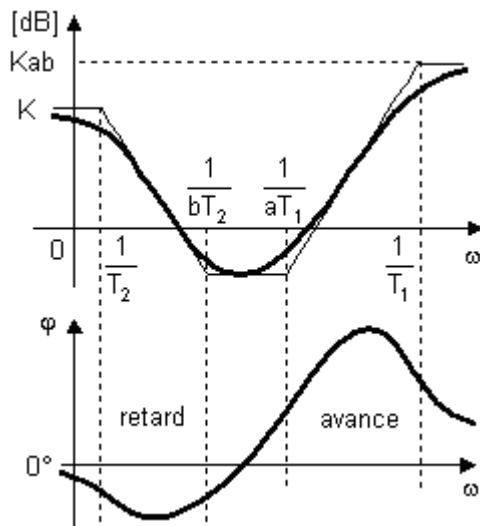
$$G(s) = K \left(\frac{1 + a \cdot T_1 \cdot s}{1 + T_1 \cdot s} \right) \left(\frac{1 + b \cdot T_2 \cdot s}{1 + T_2 \cdot s} \right)$$

$$T_1 < T_2$$

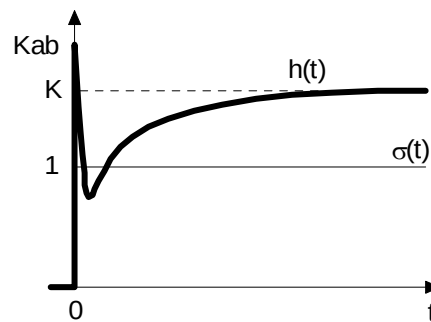
$$a > 1$$

$$b < 1$$

Diagrammes de Bode

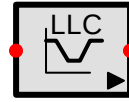


Réponse indicielle



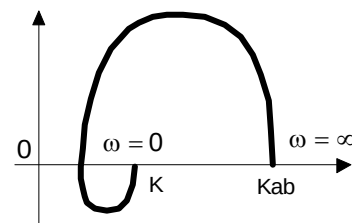
Correcteur

avance-
retard

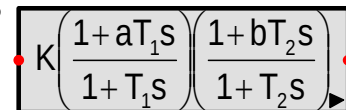


K	1
a	4
T1	0.1 s
b	0.5
T2	1 s

Lieux de Nyquist



Correcteur
avance-
retard



K	1
a	4
T1	0.1 s
b	0.5
T2	1 s

13.6 Eléments à temps discret

13.6.1 Introduction

Dans une boucle d'avertissement la variable commandée se compose d'une suite de valeurs discrètes associées au temps t du type $t = kT$ ($k = 0 \dots n$). Cette grandeur est ensuite fournie à un correcteur discret (correcteur numérique). Le signal entre les points de prélèvement est ignoré.

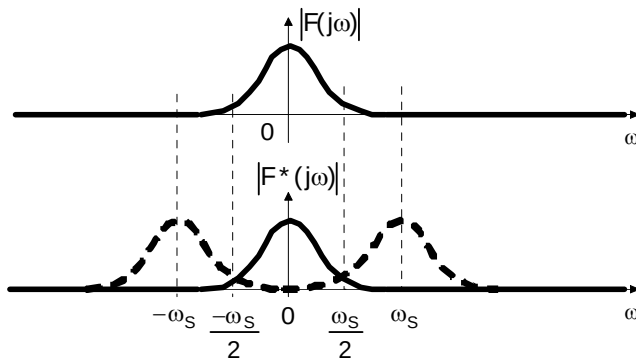
Le correcteur discret transforme la grandeur d'entrée en une grandeur de sortie appropriée qui est également définie aux mêmes points de prélèvement $t = kT$ (T période d'échantillonnage). Les éléments placés en aval (organe de réglage, processus commandé) ayant besoin d'un signal continu. On traite le signal de la manière suivante : des valeurs constantes sont générées entre les points de prélèvement, une courbe en escalier est ainsi obtenue puis lissée par un filtre passe bas.

SimApp peut simuler des éléments discrets dans le domaine temporel mais aussi dans le domaine fréquentiel, cependant, dans ce domaine, les différences suivantes doivent être considérées :

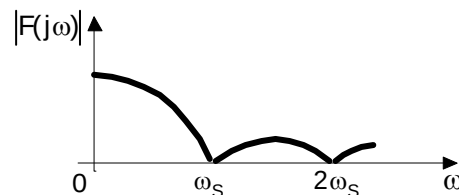
- Pour la simulation temporelle chaque élément discret possède un échantillonneur virtuel associé à son entrée et un bloqueur virtuel à sa sortie. Des éléments discrets peuvent être placés n'importe où dans le système. Les échantillonneurs et les bloqueurs peuvent être utilisés mais ils ne sont pas exigés. Dans les deux cas le signal reste inchangé.
- Pour la simulation fréquentielle la transition discret / continu est très importante et vice versa. Le procédé d'échantillonnage produit une suite discontinue de crêteaux de largeur constante d'amplitudes différentes répétés de façon périodique tout le long du spectre du signal continu.

Le bloqueur montre une caractéristique de passe bas dépendant de la fréquence d'échantillonnage.

Echantillonnage



Bloquage



Pour obtenir une réponse en fréquentielle valide, les échantillonneurs et les bloqueurs doivent être correctement placés. Cependant si la gamme de fréquence simulée est sensiblement plus petite que la période de prélèvement ils peuvent être omis.

Lorsque le système, dans le cas d'une simulation fréquentielle, est purement linéaire l'échantillonneur et le bloqueur peuvent être remplacés par un combiné échantillonneur bloqueur.

Notes :

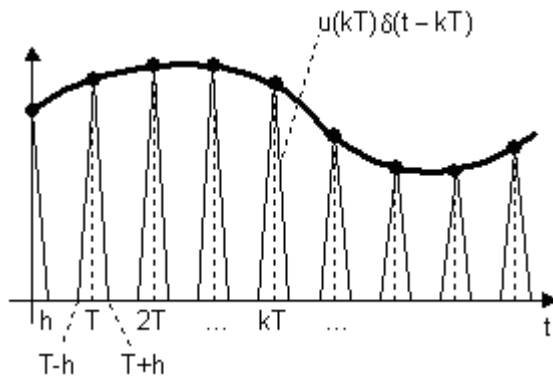
Pour chaque élément linéaire et pour chaque correcteur vous avez la possibilité de cocher l'option permettant de réaliser une simulation en temps discret. Si cette option est cochée, il est alors possible d'appliquer au signal d'entrée une période d'échantillonnage et le signal de sortie sera mis en forme par un bloqueur d'ordre zéro (BOZ). Le modèle à temps discret est dérivé du modèle linéaire par le remplacement de la fréquence complexe par un substitut lié à la méthode d'intégration :

- forward : méthode des rectangles à gauche, substitut de la forme : $s = \frac{z-1}{h}$
- backward : méthode des rectangles à droite, substitut de la forme : $s = \frac{z-1}{hz}$
- trapezoid : méthode des trapèzes, substitut de la forme : $s = \frac{2}{h} \frac{z-1}{z+1}$

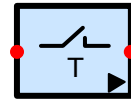
où h représente à chaque fois la période d'intégration

13.6.2 Échantillonneur

L'échantillonneur prélève le signal d'entrée périodiquement en des points appelés points de prélèvement notés kT (T = période d'échantillonnage). Il produit à sa sortie un train d'impulsions.



Échantil-
lonneur



T_s 0.1 s

Domaine temporel:

$$y(t) = \sum_{k=0}^{\infty} u(k \cdot T) \cdot \delta(t - k \cdot T)$$

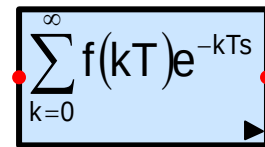
$$s(t) = \begin{cases} 1 & -h/2 \leq t < h/2 \\ 0 & \text{autrement} \end{cases}$$

Domaine fréquentiel:

$$Y^*(\omega) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{\infty} U \cdot \left(\omega - n \cdot \frac{2\pi}{T} \right)$$

où $U(\omega)$ est le spectre du signal d'entrée continu.

Échantil-
lonneur



T_s 0.1 s

Le spectre d'un signal idéalement échantillonné $u(t)$ est égal au signal temporel original continu et périodiquement répété par la fréquence d'échantillonnage égale à $2\pi/T$.

La description d'un signal discret comme étant un train d'impulsions triangulaires ne correspond pas entièrement à la réalité. Après échantillonnage, le signal est uniquement défini au niveau des points de prélèvement d'abscisses kT . Tous les éléments discrets décrits par ailleurs utilisent uniquement ces valeurs, en conséquence la forme des impulsions n'est pas importante.

Un échantillonneur ne doit pas fournir un signal à un élément continu temporel. Le signal résultant ne correspondrait pas à la réalité.

Derrière un échantillonneur on place uniquement des éléments discrets qui considèrent le signal uniquement aux points de prélèvement et ne prennent pas en compte les valeurs intermédiaires.

Pour fournir un signal échantillonné à un système continu temporel, il doit être maintenu constant entre les points de prélèvement par un bloqueur. Mais la plupart des éléments discrets réels remplissent déjà intrinsèquement cette condition car ils possèdent à leur sortie un bloqueur virtuel, de sorte que dans le domaine temporel aucun bloqueur externe n'est nécessaire.

Cela est également vrai lors d'une simulation temporelle pour tous les éléments discrets proposés par SimApp. Quant aux simulations fréquentielles, l'échantillonneur et le bloqueur doivent être utilisés par paires. (Voir §13.6.1 Introduction).

13.6.3 Bloqueur d'ordre zéro (BOZ)

Le bloqueur créé à partir d'une série de valeurs discrètes $u(kT)$ un signal continu en escalier en maintenant constante la valeur courante jusqu'à ce qu'une nouvelle valeur soit relevée. Ce procédé décrit le fonctionnement d'un élément appelé bloqueur d'ordre zéro (BOZ).

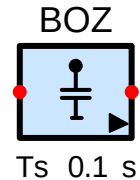
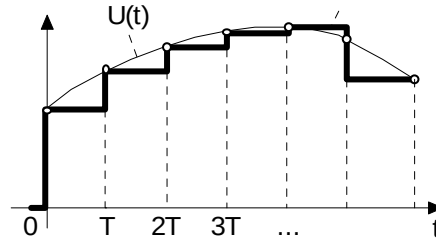
Par l'intermédiaire du bloqueur d'ordre zéro on peut également créer une fonction en escalier à partir d'un signal temporel continu placé directement à son entrée (pas besoin d'échantillonneur), car son entrée possède son propre échantillonneur.

Cependant dans le domaine fréquentiel, le comportement dynamique des systèmes ne sera valable uniquement que si la paire échantillonneur bloqueur est utilisée.

Fonctions

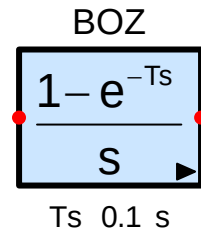
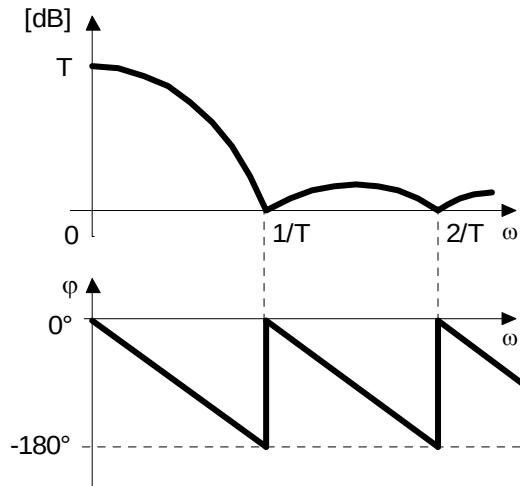
$$y(t) = \sum_{k=0}^{\infty} u(kT) [\sigma(t - kT) - \sigma(t - kT - T)]$$

Réponse temporelle



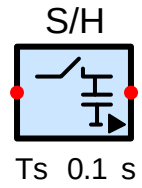
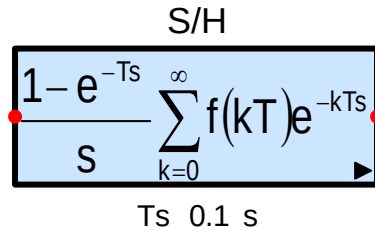
$$G(s) = \frac{1 - e^{-Ts}}{s} = T \frac{\sin \omega T/2}{\omega T/2} e^{-j\omega T/2}$$

Diagrammes de Bode



13.6.4 Échantillonneur bloqueur (S/H)

Le combiné échantillonneur / bloqueur prélève le signal d'entrée à chaque occurrence kT (T = période d'échantillonnage)) et maintient la valeur prélevée en sortie jusqu'à ce que la suivante soit prélevée à $k(T+1)$.

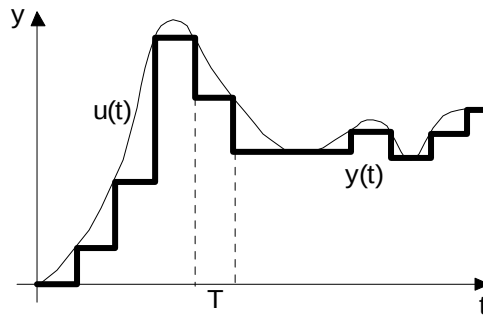


Fonctions

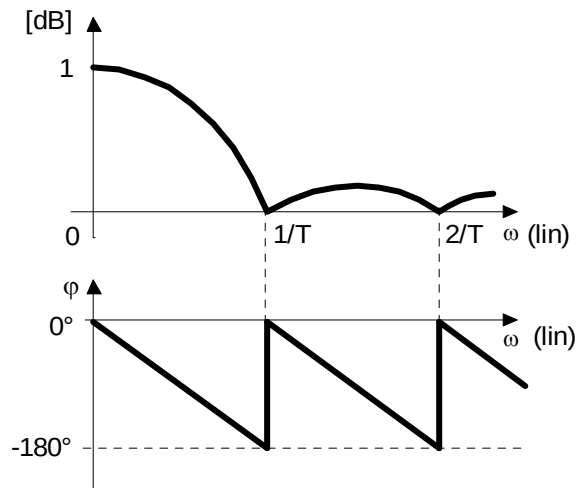
$$y(t) = \sum_{k=0}^{\infty} u(kT) [\sigma(t - kT) - \sigma(t - kT - T)]$$

$$Y(s) = \frac{1 - e^{-T \cdot s}}{s} \cdot \sum_{k=0}^{\infty} u(kT) e^{-k \cdot T \cdot s}$$

Réponse temporelle



Diagrammes de Bode



13.6.5 Intégrateur à temps discret (Iz)

Il y a plusieurs méthodes pour réaliser un intégrateur discret. SimApp utilise une approximation polygonale pour transformer un intégrateur temporel continu idéal en intégrateur discret.

Pour les fréquences supérieures à la moitié de fréquence d'échantillonnage de fortes déformations se produisent. Par conséquent, pour les systèmes d'échantillonnage, la période de prélèvement doit être suffisamment faible ($N < \frac{1}{2 \cdot T}$) et la distorsion harmonique créée par crénelage doit être éliminée avant le prélèvement par un filtre passe-bas.

Fonctions

Approximation polygonale:

$$y_k = y_{k-1} + \frac{1}{T_i} \frac{u_k + u_{k-1}}{2} T$$

Equations d'état:

$$x_{k+1} = x_k + u_k$$

$$y_k = \frac{T}{2T_i} (2x_k + u_k)$$

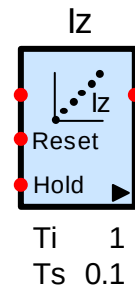
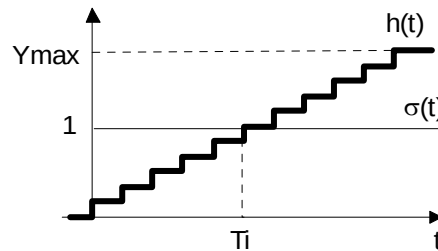
$$x_k = x(kT)$$

Fonction transfert:

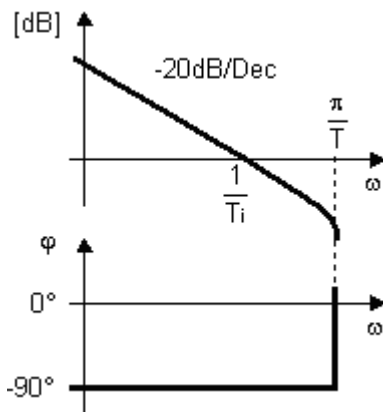
$$G(z) = \frac{T}{2T_i} \cdot \frac{z+1}{z-1}$$

$$z = e^{sT} = e^{j\omega T}$$

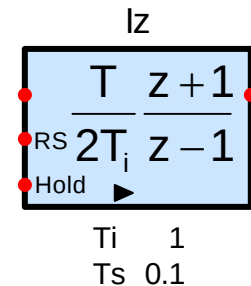
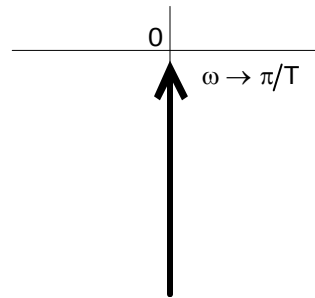
Réponse indicielle



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



L'intégrateur discret peut également être déduit simplement de la forme analogique en utilisant la méthode de la transformation bilinéaire :

La fonction de transfert de l'intégrateur analogique est $G(s) = \frac{1}{sT_i}$

La fonction de transfert en z de l'intégrateur discret réalisé avec l'approximation des trapèzes est donc :

$$G(z) = \frac{T}{2} \cdot \frac{1+z^{-1}}{1-z^{-1}}$$

Le remplacement de s dans G(s) par la méthode de transformation bilinéaire donne G(z)

13.6.6 Dérivateur à temps discret (Dz)

Le dérivateur discret est dérivé du dérivateur analogique.

Pour les fréquences supérieures à la moitié de fréquence d'échantillonnage de fortes déformations se produisent. Par conséquent, pour les systèmes d'échantillonnage, la période de prélèvement doit être

suffisamment faible ($N < \frac{1}{2 \cdot T}$) et la distorsion harmonique créée par crénelage doit être éliminée avant le prélèvement par un filtre passe-bas.

Fonctions

Expression de la différence:

$$y_k = T_D \cdot \frac{u_k - u_{k-1}}{T}$$

Equations d'état:

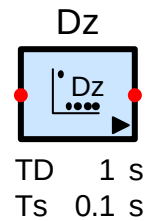
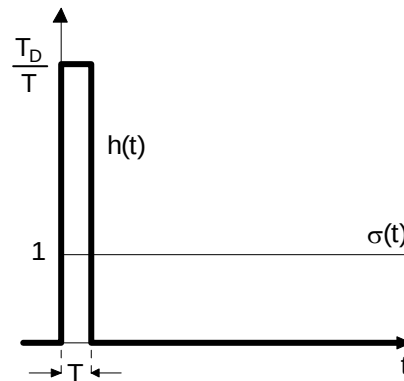
$$x_{k+1} = u_k$$

$$y_k = \frac{T_D}{T} (-x_k + u_k)$$

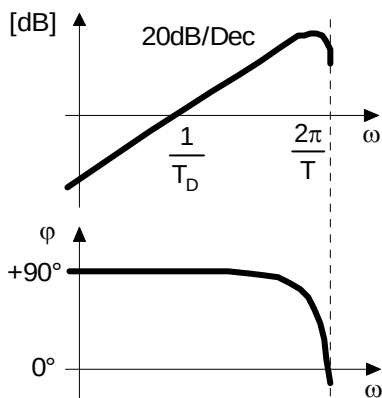
Fonction transfert:

$$G(z) = \frac{T_D}{T} \frac{z-1}{z}$$

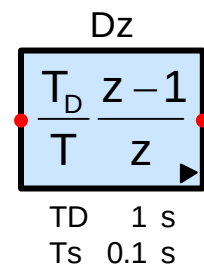
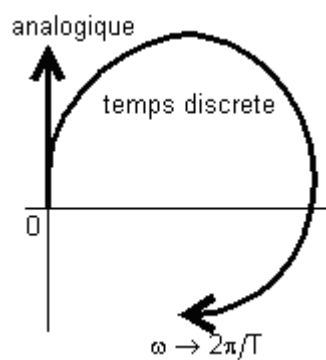
Réponse indicielle



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.6.7 Retard unité (élément z)

Le retard unité décale un signal analogique discret ou temporel d'une valeur égale à la période d'échantillonnage T .

Le bloc peut pivoter par pas de 90° .

Fonctions

$$y(t) = u(t - T)$$

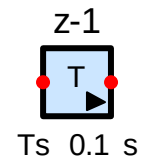
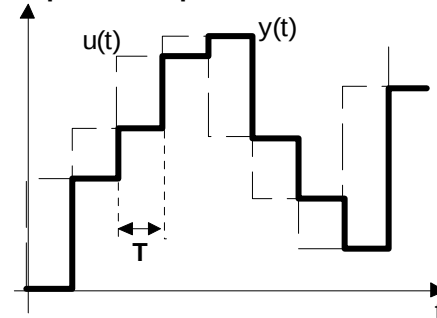
Réponse indicielle:

$$h(t) = \sigma(t - T)$$

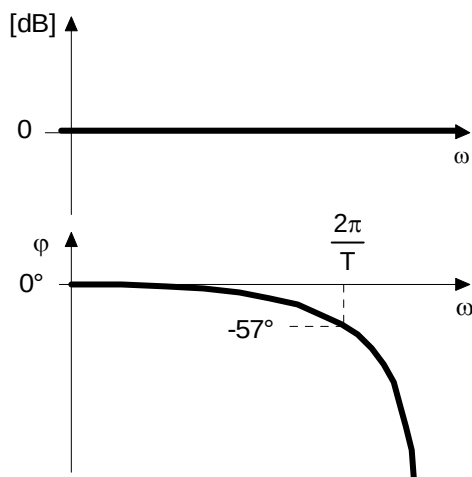
Fonction transfert:

$$G(z) = z^{-1}; \quad z = e^{sT}$$

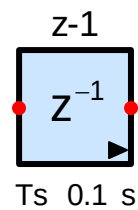
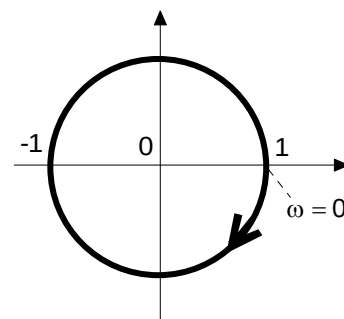
Réponse temporelle



Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.6.8 Correcteur PID discret (PIDz)

Ce correcteur est le pendant numérique du correcteur PID analogique idéal, type I. C'est un correcteur PID de type mixte constitué d'un élément P placé en amont d'une divergence à trois branches (une unitaire, une munie d'un élément Iz et une dernière munie d'un élément Dz), qui peuvent être désactivés individuellement. On peut agir sur les mêmes paramètres caractéristiques que le PID analogique (le gain K, la constante de temps d'intégration TN et la constante de temps de dérivation TV) cela permet une comparaison directe entre les deux types de correcteurs (l'analogique et le discret).

Le signal de sortie peut être limité par deux valeurs d'anti-windup dans l'intervalle défini entre Ymin et Ymax.

Activation de l'Anti-Windup (Anti windup Hold)

L'intégration est arrêtée quand le signal d'entrée de la saturation sort de l'intervalle désiré (intervalle compris entre les limites supérieure et inférieure de la saturation). Dès que le signal revient dans l'intervalle, l'intégrateur est réactivé.

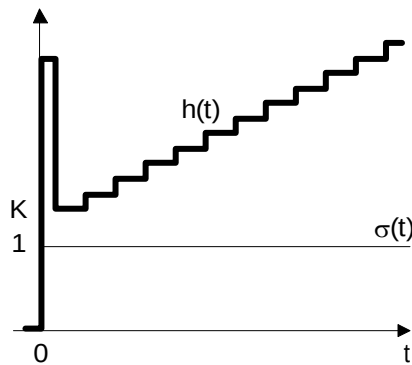
Reset de l'Anti-Windup (Anti windup Reset)

Si le signal d'entrée de la saturation dépasse la limite, le signal de sortie de l'intégrateur est réduit de sorte que la somme de l'intégrateur, de la dérivée et du gain soit égale exactement à la limite (Ymax ou Ymin).

Fonctions

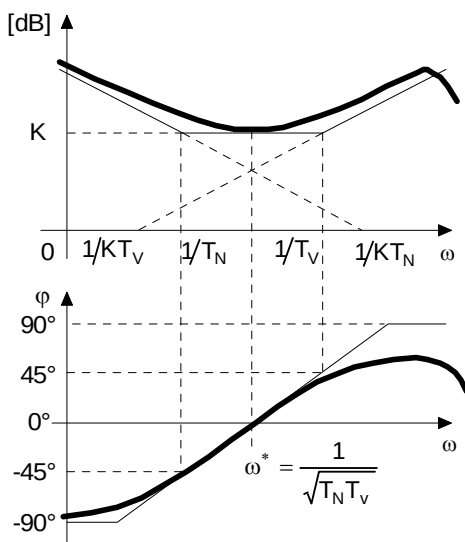
$$G(z) = K \left(1 + \frac{T/T_N(z+1)}{2(z-1)} + \frac{(z-1)}{T/T_V z} \right)$$

Réponse indicielle

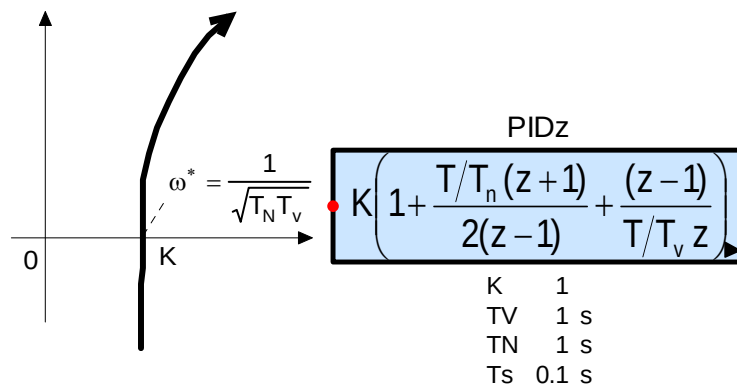


PIDz	
K	1
TV	1 s
TN	1 s
Ts	0.1 s

Diagrammes de Bode



Lieu de Nyquist



13.6.9 Élément discret à fonction transfert rationnelle (G(z))

L'élément G(z) permet l'exécution de la forme générale d'une fonction transfert d'un élément discret linéaire. C'est le pendant discret de l'élément analogique G(s) il est également connu en tant que correcteur numérique.

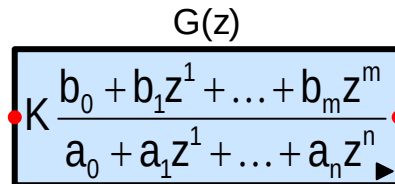
Un programme machine en temps réel doit être causal, c'est-à-dire que pour calculer une nouvelle valeur y(kT) de la grandeur de sortie, on ne peut seulement utiliser les valeurs d'entrée u(kT), u(kT-T),... Il en résulte que l'ordre du dénominateur doit être supérieur ou égal à l'ordre du numérateur.

Fonctions

$$G(z) = K \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}}$$

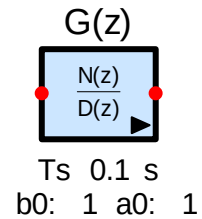
$$m \leq n, a_n \neq 0$$

$$m \leq 31, n \leq 31$$



$$T_s \quad 0.1 \text{ s}$$

$$b0: 1 \quad a0: 1$$



$$T_s \quad 0.1 \text{ s}$$

$$b0: 1 \quad a0: 1$$

La signification des valeurs initiales est définie par la représentation matricielle des équations d'état :

$$\underline{x}_{k+1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ & & & & 1 \\ -a_0^* & -a_1^* & -a_2^* & \dots & -a_n^* \end{bmatrix} \underline{x}_k + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 1/a_n \end{bmatrix} u_k$$

$$\frac{y_k}{K} = [b_0 - a_0^* b_n \quad b_1 - a_1^* b_n \quad \dots \quad b_{n-1} - a_{n-1}^* b_n] \underline{x}_k + b_n^* u_k$$

$$a_i^* = \frac{a_i}{a_n} \quad b_i^* = \frac{b_i}{a_n}$$

13.6.10 Filtre à temps discret (filtre en z)

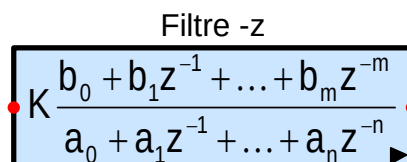
Avec cet élément, les restrictions de l'élément G(z) sont supprimées. Les degrés du numérateur et du dénominateur peuvent être librement choisis. La loi de la causalité ne s'applique pas ici.

Fonctions

$$G(z) = K \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + \dots + b_m z^{-m}}{a_0 + a_1 z^{-1} + \dots + a_n z^{-n}}$$

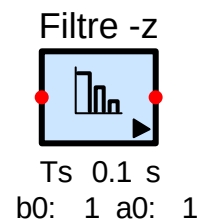
$$a_0 \neq 0$$

$$m \leq 31, n \leq 31$$



$$T_s \quad 0.1 \text{ s}$$

$$b0: 1 \quad a0: 1$$



$$T_s \quad 0.1 \text{ s}$$

$$b0: 1 \quad a0: 1$$

13.6.11 Système d'équations linéaires aux différences

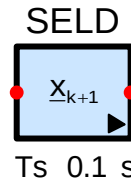
Système d'équations librement configurable. Cet élément est le pendant de l'élément analogique « Système d'équations différentielles linéaires SED ».

Forme du vecteur

Equation de commande: $\underline{x}_{k+1} = A\underline{x}_k + B\underline{u}_k$

Equations d'observation: $\underline{y}_k = C\underline{x}_k + D\underline{u}_k$

où $\underline{x}_k = \underline{x}(kT)$



Le système possède n états, p entrées et q sorties.

$\underline{x}_k$ vecteur d'état (n x 1)

$\underline{u}_k$ vecteur des entrées (p x 1)

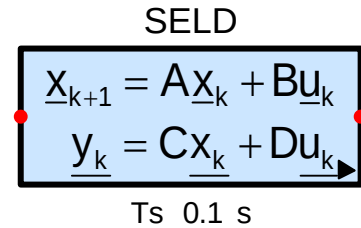
$\underline{y}_k$ vecteur des sorties (q x 1)

A matrice du système (n x n)

B matrice d'entrée (n x p)

C matrice de sortie (q x n)

D matrice de transmission directe (q x p)



Paramètres: n<=50, p<=50, q<= 50, coefficients Aik, Bik, Cik, Dik, valeurs Initiales xnk(i)

Représentation matricielle:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_{k+1,1} \\ \dot{x}_{k+1,2} \\ \vdots \\ \dot{x}_{k+1,n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdot & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdot & A_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdot & A_{nn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_{k,1} \\ x_{k,2} \\ \cdot \\ x_{k,n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} B_{11} & B_{12} & \cdot & B_{1p} \\ B_{21} & B_{22} & \cdot & B_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ B_{n1} & B_{n2} & \cdot & B_{np} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} u_{k,1} \\ u_{k,2} \\ \cdot \\ u_{k,p} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} y_{k,1} \\ y_{k,2} \\ \cdot \\ y_{k,q} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdot & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \cdot & C_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ C_{q1} & C_{q2} & \cdot & C_{qn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_{k,1} \\ x_{k,2} \\ \cdot \\ x_{k,n} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D_{11} & D_{12} & \cdot & D_{1p} \\ D_{21} & D_{22} & \cdot & D_{2p} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ D_{q1} & D_{q2} & \cdot & D_{qp} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} u_{k,1} \\ u_{k,2} \\ \cdot \\ u_{k,p} \end{bmatrix}$$

Dans les systèmes réels la matrice de transmission directe est la plupart du temps égale à 0 (D = 0).

13.7 Convertisseurs

SimApp fait une différence entre les convertisseurs binaires et numériques. Ce n'est pas commun dans la pratique mais il est important de décrire les deux types de transmission numérique utilisés dans SimApp.

Dans SimApp une entrée ou une sortie numérique se compose d'un noeud simple qui peut transférer simultanément tous les bits. Une valeur numérique (binaire) est transférée comme un signal analogique n'acceptant que des entiers positifs. Par exemple le 0 binaire correspond à 0, 1101 correspond à 13.

Il ne semble pas raisonnable de mélanger des signaux analogiques et numériques, en conséquence les lignes de signal numérique sont représentées d'une couleur différente des lignes standard. L'avantage d'un tel codage des valeurs numériques est justifié par le fait que ces éléments et la transmission de donnée associée ne requièrent qu'un petit espace (seulement une ligne utilisée).

Dans SimApp, les représentations habituelles sont basées sur des éléments possédant une entrée et une sortie. En conséquence à chaque bit est attribuée une ligne de commande. Cette solution possède un inconvénient : l'espace requis est énorme lorsqu'on traite des nombres nécessitant un nombre de bits important (éléments de taille importante et lignes multiples).

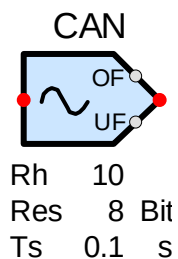
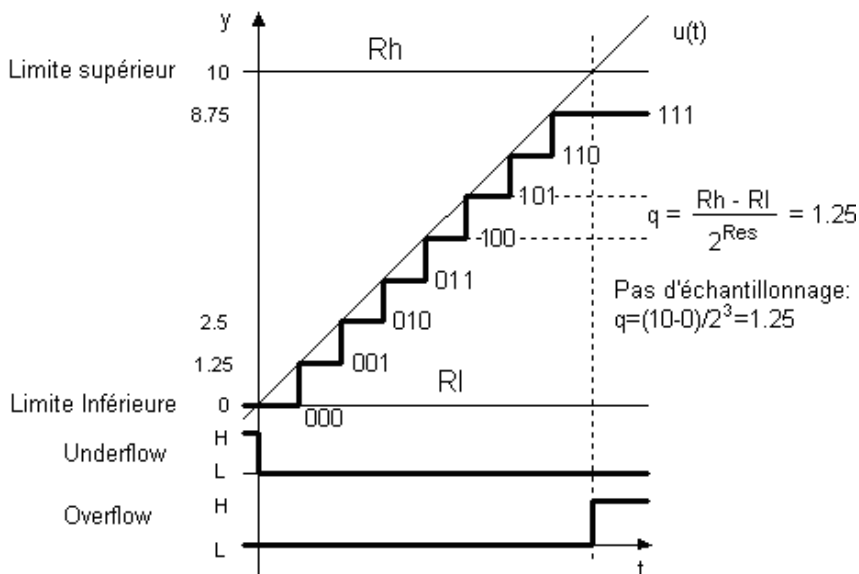
13.7.1 Convertisseur analogique numérique (CAN)

Le convertisseur analogique numérique prélève le signal analogique d'entrée à intervalles constants T (période d'échantillonnage) et il le convertit en un signal numérique. Le signal de sortie numérique est véhiculé par une seule ligne (sortie série). Le CAN incorpore un échantillonneur, un convertisseur et un quantificateur qui transforme le signal en valeurs entières positives.

La période d'échantillonnage, la résolution du quantificateur et les limites supérieures et inférieures peuvent être indiquées. La valeur par défaut pour la limite inférieure est zéro.

Lorsque le signal d'entrée quitte la plage comprise entre les limites, les sorties 'Underflow : UF' ou 'Overflow : OF' prennent la valeur logique 1 (H).

Exemple : Caractéristique d'un CAN sur 3 bits d'échelle 0 à 10V.

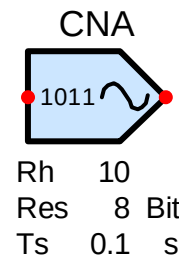
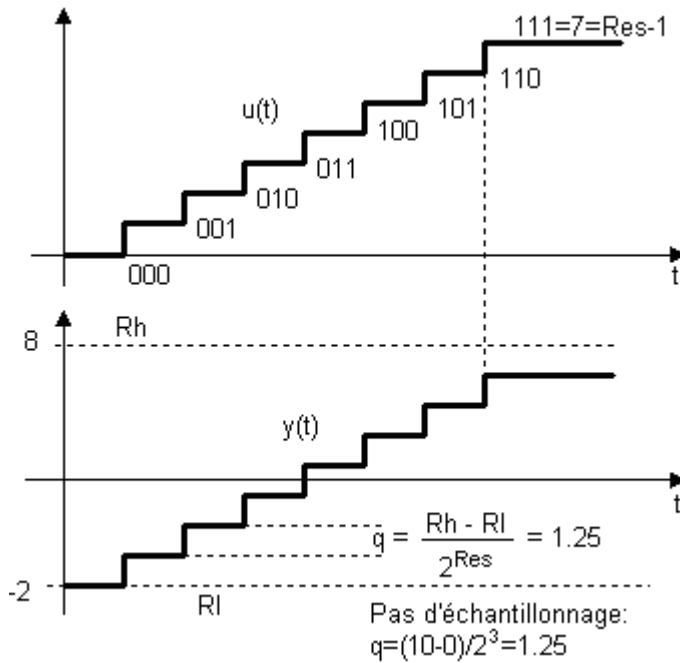


Note : La limite supérieure R_h correspond à la valeur binaire 1000 = 111 + 1.

13.7.2 Convertisseur numérique analogique (CNA)

Le CNA convertit un signal d'entrée numérique en signal de sortie analogique. La période d'échantillonnage, la résolution et les limites supérieures et inférieures peuvent être choisies. Pour la limite inférieure la valeur par défaut est zéro. La période d'échantillonnage doit être égale à celle utilisée par le CAN ayant éventuellement produit le signal d'entrée.

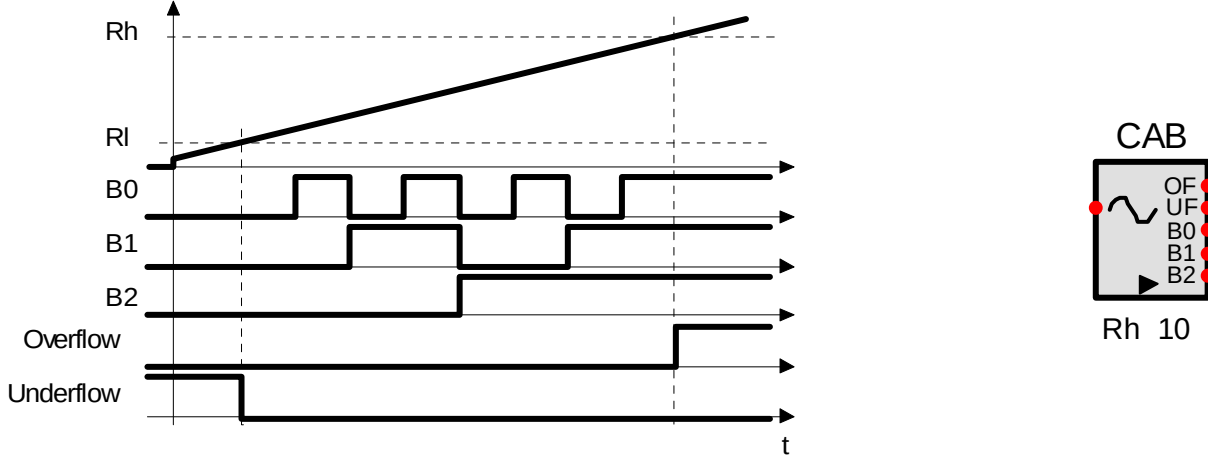
Exemple: CNA sur 3 bits d'échelle -2 to 8 V.



13.7.3 Convertisseur analogique binaire (CAB)

Le CAB convertit un signal d'entrée analogique en signal de sortie binaire pondéré. Chaque bit a son propre noeud de sortie. La plage de validité associée au signal d'entrée ainsi que le nombre de bits de sortie est paramétrable. Le nombre de bits de sortie peut être compris entre 1 et 31. Si le signal d'entrée quitte la plage de validité comprise entre R_l et R_h les variables « Underflow : UF » ou « Overflow : OF » sont mises à un. Dans le cas d'un « Underflow » effectif toutes les sorties binaires sont mises à zéro. Dans le cas d'un « Overflow » effectif toutes les sorties binaires sont mises à un.

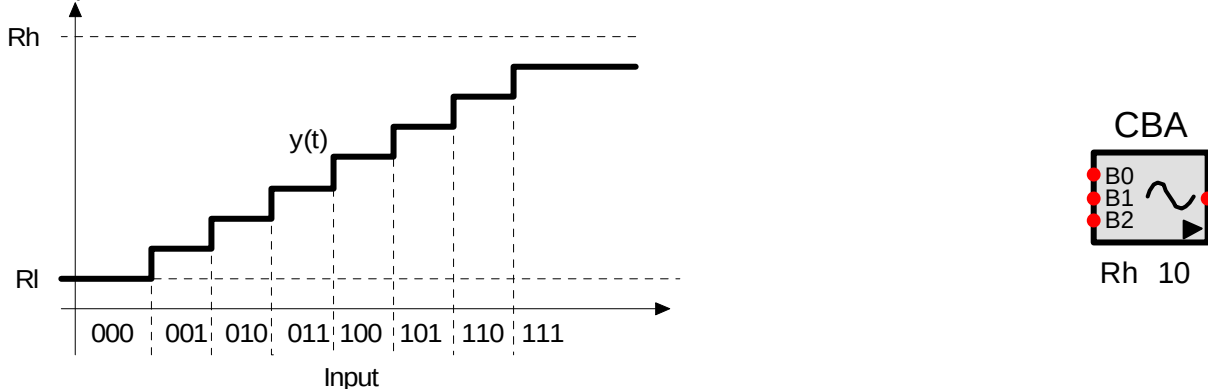
Exemple: CAB à 3 Bits



13.7.4 Convertisseur binaire analogique (CBA)

Ce convertisseur fonctionne à l'inverse du CAB. Il convertit un signal d'entrée binaire arrivant en parallèle en un signal de sortie analogique. La résolution (nombre de bit = nombre de noeuds binaires présents en entrée) peut être librement choisie entre 1 et 31. Les deux limites paramétrables correspondent aux valeurs binaires 0 et $11111..1+1$. La limite supérieure 2^n peut ne jamais être atteinte tout à fait sachant La valeur maximum d'entrée est $2^n - 1$ (n = nombre de bit = résolution.).

Exemple: CBA à 3 Bits



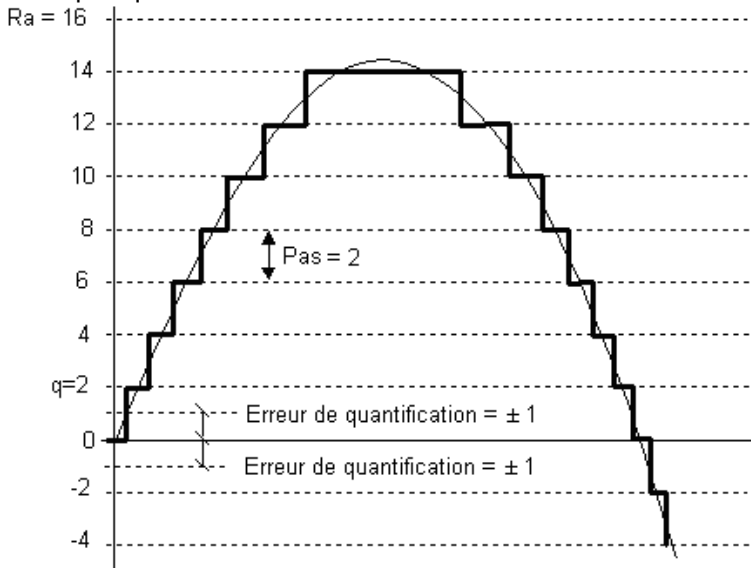
13.7.5 Quantificateur

Le signal de sortie d'un quantificateur ne peut produire que des valeurs multiples d'un nombre entier. Il suit une rampe en créant une fonction en escalier. Le pas dépend de l'amplitude de l'échelle et de la résolution choisie. Exemple : Pour une pleine échelle de 16 et une résolution de 3 bits, le pas q est fixé à : $q = 16/2^3 = 2$.

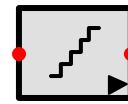
Cependant le signal de sortie n'est pas limité par l'amplitude choisie, (Elle n'est seulement employé que pour le calcul du pas).

Le quantificateur peut être employé pour simuler des systèmes numériques ne pouvant générer que des valeurs discrètes. Ces éléments discrets ne quantifient pas eux-mêmes le signal, ils échantillonnent et calculent le signal seulement aux instants de prélèvement.

Exemple: quantificateur sur 3 bit



Quantifi-
cateur



Res 8 Bit
Ra 10

13.8 Logique

Les éléments logiques effectuent des opérations booléennes sur des signaux logiques binaires. SimApp ne fait aucune différence entre des signaux logiques et analogiques. Les éléments logiques peuvent être alimentés par des signaux de sortie provenant d'organes analogiques et vice versa.

Les signaux d'entrée dont le niveau est plus faible que le seuil logique de l'élément sont interprétés comme des niveaux bas (0 logique ou faux) tandis que des signaux dont le niveau est supérieur à ce même seuil logique sont interprétés comme des niveaux hauts (1 logique ou vrai). La valeur par défaut du seuil est 0.5 et la valeur haute de sortie est fixée par défaut à 1. Le zéro logique est toujours à 0.

Rétroaction avec les éléments logiques

Dans SimApp, les éléments de logique n'ont par défaut aucun retard de propagation. Ainsi, ils sont soumis aux mêmes restrictions que les autres éléments, à savoir : Les boucles de rétroaction sans retard de propagation ne sont pas autorisées.

Mais il est commun de construire des boucles de rétroaction lors de la construction de circuits logiques. Par exemple il est possible de créer une bascule R-S grâce à deux portes NAND câblées avec des boucles de retour d'état.

En outre, les circuits logiques utilisent souvent des délais de propagation lors d'opérations particulières, même lorsqu'ils n'utilisent pas de boucles de rétroaction. Dans un compteur synchrone, par exemple, constitué d'une chaîne de bascules JK qui utilisent toutes le même signal d'horloge en entrée, il est essentiel, que les états présents aux entrées J et K ainsi qu'aux sorties des bascules placées en amont, changent après le front montant du signal d'horloge. Pour avoir des détails, voir l'exemple de compteur développé dans le répertoire d'exemples.

Pour permettre de simuler de tels cas, tous les éléments logiques possèdent l'option *délai de propagation*. Le signal de sortie de l'élément évolue uniquement au début du prochain intervalle d'intégration si cette option est cochée. Dans ce cas l'élément possède un court délai de propagation égal à la durée d'un pas d'intégration. Si la valeur du pas d'intégration est configurée comme recommandé (voir chapitre simulation temporelle) ce retard peut être négligé. Mais dans le cas de circuits logiques de grande taille ou de longues chaînes d'éléments logiques la somme de ces retards peut devenir importante voire même rédhibitoire.

Si vous rencontrez de tels problèmes, vous pouvez prendre les deux mesures suivantes :

1. Cocher l'option *délai de propagation* uniquement pour un élément logique placé dans la boucle de rétroaction.
2. Réduire la taille du pas d'intégration d'un facteur 10.

13.8.1 0 Logique (masse terre, faux)

Une entrée d'un élément logique connectée à la terre va recevoir en permanence un 0 logique. Cette « terre » se comporte comme une source permanente de 0. Normalement, les entrées des éléments logiques non connectées sont considérées comme alimentées par un 0 logique (entrée fausse, mise à la terre,...).

D'un point de vue pratique le positionnement de cet élément peut se faire par rotations successives de 90°.



13.8.2 1 Logique (V+ vrai)

Une entrée d'un élément logique connectée à cet élément va recevoir en permanence un 1 logique.

D'un point de vue pratique le positionnement de cet élément peut se faire par rotations successives de 90°



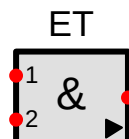
13.8.3 Porte ET à plusieurs entrées (AND)

Cet élément logique à entrées multiples effectue l'opération booléenne ET :

$$Y = I_1 \bullet I_2 \bullet \dots \bullet I_n$$

Le nombre d'entrées est librement paramétrable entre 2 et 50.

En cochant l'option *délai de propagation* la sortie est retardée d'une valeur égale au pas d'intégration. La fonction de NON-ET (NAND) est réalisée par la mise en série d'un élément inverseur (NON).



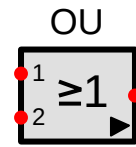
13.8.4 Porte OU à plusieurs entrées (OR)

Cet élément logique à entrées multiples effectue l'opération booléenne OU :

$$Y = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Le nombre d'entrées est librement paramétrable entre 2 et 50.

En cochant l'option *délai de propagation* la sortie est retardée d'une valeur égale au pas d'intégration. La fonction de NON-OU (NOR) est réalisée par la mise en série d'un élément inverseur (NON).



13.8.5 Porte OU exclusif (XOR)

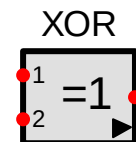
Cet élément logique effectue l'opération booléenne OU exclusif :

$$Y = I_1 \oplus I_2 ; Y = I_1 \neq I_2 ; Y = \bar{I}_1 \cdot I_2 + I_1 \cdot \bar{I}_2$$

Le nombre d'entrées est uniquement fixé à deux.

En cochant l'option *délai de propagation* la sortie est retardée d'une valeur égale au pas d'intégration.

La fonction NON OU exclusif (EXNOR) $Y = I_1 = I_2$ (équivalence) est réalisée par la mise en série d'un élément inverseur (NON).



13.8.6 Inverseur (porte NON)

Cet élément effectue l'opération booléenne NON :

$$Y = \bar{I} \text{ ou } Y = \text{non } I$$

En cochant l'option *délai de propagation* la sortie est retardée d'une valeur égale au pas d'intégration.

L'élément logique NON est représenté par deux symboles :

Le premier symbole est un petit cercle que l'on place en amont d'une entrée ou en aval d'une sortie si le besoin s'en fait sentir (*Clic droit, Changer le symbole*). Le deuxième symbole est un triangle dont l'usage est indépendant d'un élément logique.



13.8.7 Bascule RS

Un niveau haut (H) à l'entrée Set place la sortie principale à 1 (Q à H) et la sortie 'complémentée' à 0 ($\bar{Q}$ à L) et un niveau haut (H) à l'entrée Reset place la sortie principale à 0 (Q à L) et la sortie 'complémentée' à 1 ($\bar{Q}$ à H).

- Si les deux états bas (L) sont présents simultanément en Set et en Reset les sorties sont verrouillées sur l'état antérieur.
- Si les deux états haut (H) sont présents simultanément en Set et en Reset les états des sorties dépendent de l'option choisie : écriture prioritaire (l'option *Set dominant* est cochée) ou effacement prioritaire (l'option *Set dominant* est décochée).
- Si l'option *Set dominant* est cochée alors $Q=H$ et $\bar{Q}=L$,
- Si l'option *Set dominant* est décochée alors $Q=L$ et $\bar{Q}=H$,
- Si l'option *Déclenchement sur front montant* est cochée, les changements d'état se produisent seulement au front montant des entrées autrement les niveaux statiques des entrées produisent les changements d'états éventuels. Si l'option *Déclenchement sur front montant* est décochée aucun changement en sortie ne se produit lorsque les entrées passent de 1 à 0 (front descendant).

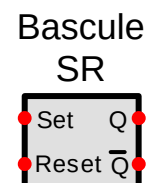
Les paramètres Seuil d'entrée et Valeur de sortie du 1 logique sont modifiables.

En cochant l'option délai de propagation la sortie est retardée d'une valeur égale au pas d'intégration.

Inputs		Outputs	
Set	Reset	Q	$\bar{Q}$
L	H	L	H
H	L	H	L
L	L	Q_0	$\bar{Q}_0$
H	H	H	L
H	H	L	H

Set dominant

Reset dominant



Q_0 = état de Q avant changement des entrées (état antérieur).

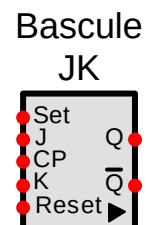
13.8.8 Bascule JK

Un niveau haut présent sur les entrées Set ou Reset provoque respectivement une mise à un des sorties Q ou $\bar{Q}$ ceci indépendamment des niveaux des autres entrées (entrées asynchrones prioritaires). Quand Set et Reset sont au niveau bas, des données en J et en K sont transférées à la survenue d'un front montant du signal d'horloge vers les sorties. Des données présentes en J et en K peuvent évoluer sans affecter les niveaux des sorties tant que le front montant de l'horloge n'est pas présent en CP. Lorsque J et K sont maintenues simultanément à un, les sorties Q et $\bar{Q}$ changent d'état à chaque front montant de CP (mode toggle).

Les paramètres Seuil d'entrée et Valeur de sortie du 1 logique sont modifiables.

En cochant l'option délai de propagation la sortie est retardée d'une valeur égale au pas d'intégration

Inputs					Outputs	
Set	Reset	CP	J	K	Q	$\bar{Q}$
H	L	X	X	X	H	L
L	H	X	X	X	L	H
H	H	X	X	X	H	H
L	L		L	L	Q_0	$\bar{Q}_0$
L	L		H	L	H	L
L	L		L	H	L	H
L	L		H	H	Toggle	
L	L	L	X	X	Q_0	$\bar{Q}_0$



X = état indifférent

Q_0 = état de Q avant changement des entrées (état antérieur)

= front montant de CP

13.8.9 Bascule D

La bascule D dispose des entrées asynchrones Set et Reset et des sorties complémentaires ($Q, \overline{Q}$). L'information présente à l'entrée D est transférée à la sortie Q à chaque front montant du signal d'horloge présent en CP. Après le passage du front montant du signal d'horloge la bascule est verrouillée et la donnée présente en D n'est pas transférée. Elle devra attendre le prochain front montant.

Les paramètres Seuil d'entrée et Valeur de sortie du 1 logique sont modifiables.

En cochant l'option délai de propagation la sortie est retardée d'une valeur égale au pas d'intégration

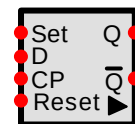
Inputs				Outputs	
Set	Reset	CP	D	Q	$\overline{Q}$
H	L	X	X	H	L
L	H	X	X	L	H
H	H	X	X	H	H
L	L		H	H	L
L	L		L	L	H
L	L	L	X	Q_0	$\overline{Q}_0$

X = état indifférent

Q_0 = état de Q avant changement des entrées (état antérieur)

 = front montant de CP

Bascule D



13.8.10 Monostable

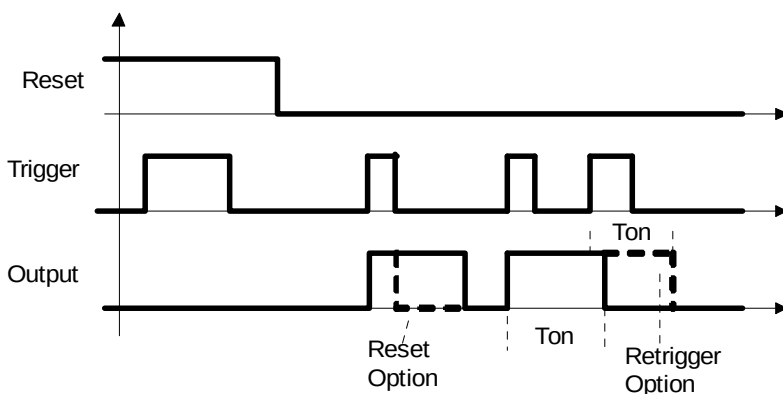
Le monostable possède une entrée de déclenchement : Trigger (T) et une entrée asynchrone : Reset (R). Le front montant du trigger déclenche la sortie. Une fois la sortie déclenchée, toutes les impulsions arrivant à l'entrée (T) sont ignorées tant que la sortie est à l'état Haut (monostable non redéclenchable, voir les options)

La sortie est remise à zéro dès que la durée Ton est écoulée ou quand Reset passe à l'état Haut. La sortie est verrouillée dans son état bas quelle que soit le signal présent en (T) tant que Reset est à l'état Haut.

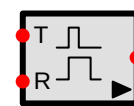
Options

Option Reset: La sortie est mise à l'état Bas dès que le signal de déclenchement revient à l'état Bas, Si l'option n'est pas cochée le signal de sortie revient à l'état Bas après l'écoulement de la durée Ton.

Option Retrigger: Le monostable peut être redéclenchable, c.-à-d. une commande de déclenchement (T) survenant avant la fin de Ton permet de relancer une durée Ton.



Monostable



Ton 1 s

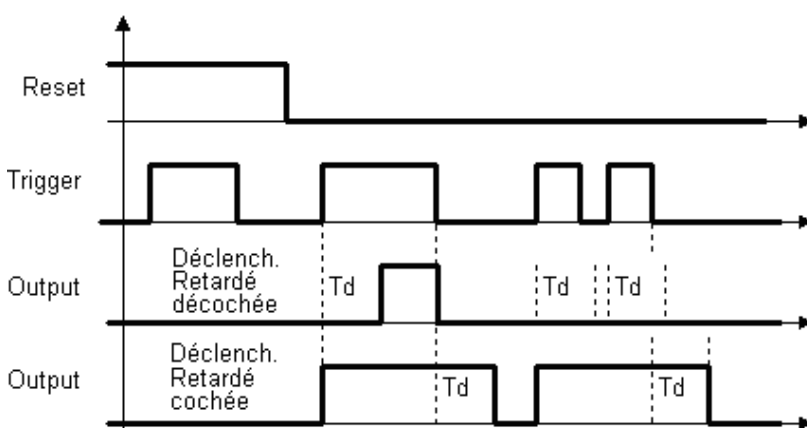
13.8.11 Monostable retardé

Cet élément à logique retardée possède une entrée de déclenchement : Trigger (T) et une entrée asynchrone Reset (R). Mais contrairement au monostable ci-dessus, le temps d'enclenchement n'est pas précisé. Il est déterminé par la durée de l'impulsion de déclenchement et par un retard additionnel. L'instant du front montant et du front descendant dépendent de l'état de l'option *déclenchement retardé*

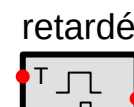
Options

Quand l'option déclenchement retardé est décochée, la sortie passe à 1 dès que la durée Td s'est écoulée après le front montant du signal (T) puis mise à 0 au même instant que le front descendant du signal (T). Si l'impulsion de déclenchement (T) est plus courte que Td, le signal de sortie reste à 0.

Quand l'option déclenchement retardé est cochée, la sortie passe à 1 au même instant que le front montant de du signal de déclenchement (T) et mise à 0 Td secondes après survenue du front descendant de (T). Si l'impulsion de déclenchement (T) est à nouveau mise à 1 avant que Td se soit écoulée, l'état 1 de la sortie est prolongé de Td secondes après le front descendant de la deuxième impulsion de déclenchement (= redéclenchement).



Monostable retardé



Td 1 s

13.9 Divers

13.9.1 Commutateur 1:2

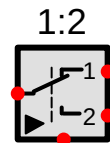
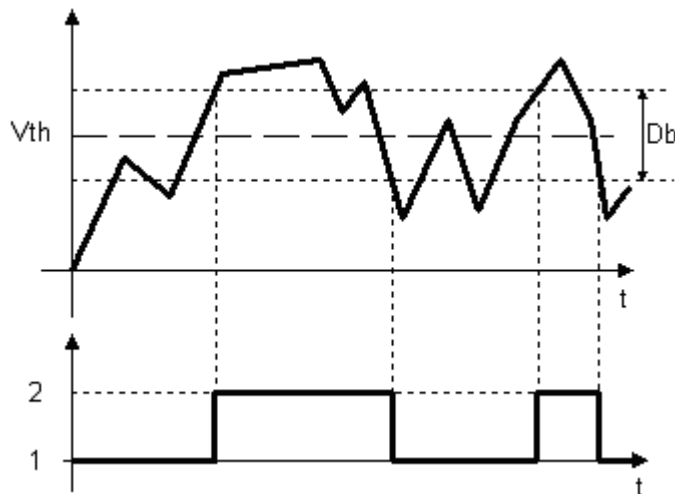
Cet élément est un démultiplexeur à 1 entrée et 2 sorties. L'entrée de sélection (coté inférieur du bloc) choisit la sortie vers laquelle le signal d'entrée est conduit.

Quand le signal de sélection est faible (inférieur à V_{th}) le signal d'entrée est dirigé vers la sortie supérieure (1), la sortie inférieure 2 est à 0.

Quand le signal de sélection est fort (supérieur à V_{th}) le signal d'entrée est dirigé vers la sortie inférieure (2), la sortie supérieure est à 0.

Un Trigger de Schmitt est associé à l'entrée de sélection, il empêche une instabilité au niveau du choix de la sortie, par exemple lorsque le signal de sélection varie lentement ou est fortement perturbé par du bruit. Le seuil (V_{th}) et l'hystérésis (H_y) de commutation sont réglables. Par défaut, le seuil est placé à $V_{th} = 2.5$.

Ce commutateur peut être utilisé pour des signaux numériques, logiques ou analogiques.



13.9.2 Commutateur 2:1

Cet élément est un multiplexeur à 2 entrées et 1 sortie. L'entrée de sélection choisit quel signal d'entrée sera dirigé vers la sortie.

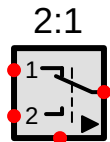
Quand le signal de sélection est faible (inférieur à V_{th}), l'entrée supérieure (1) est dirigée vers la sortie.

Quand le signal de sélection est fort (supérieur à V_{th}) l'entrée inférieure (2) est dirigée vers la sortie.

Les informations relatives au Trigger de Schmitt associé à l'entrée de sélection sont disponibles au paragraphe précédent (*commutateur 1:2*).

Ce commutateur peut être utilisé pour des signaux numériques, logiques ou analogiques.

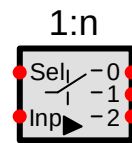
Pour plus d'informations sur la caractéristique de commutation voir paragraphe *commutateur 1:2*.



13.9.3 Commutateur 1:n (démultiplexeur)

Le signal associé à l'entrée de sélection (S) choisit une sortie afin qu'elle soit reliée à l'entrée. Toutes les autres sorties sont alors à 0. Le signal présent en entrée peut être de n'importe quelle nature (analogique, logique ou numérique). Cet élément peut posséder de 2 à 50 sorties.

S	O0	O1	...	On-1
<0	0	0	...	0
0	1	0	...	0
1	0	1	...	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n-1	0	0	...	1
≥n	0	0	...	0



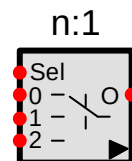
Toutes les sorties renvoient 0, si la valeur S est < 0 ou plus grande que le nombre de sorties – 1.

13.9.4 Commutateur n:1 (multiplexeur)

Le signal associé à l'entrée de sélection (S) choisit une entrée parmi plusieurs afin qu'elle soit reliée à l'unique sortie. Le signal présent en entrée peut être de n'importe quelle nature (analogique, logique ou numérique). Cet élément peut posséder de 2 à 50 sorties.

Paramètres: n (nombre d'entrées)

S	Out
<0	0
0	I0
1	I1
⋮	⋮
n-1	In-1
≥n	0



Toutes les sorties renvoient 0, si la valeur S est < 0 ou plus grande que le nombre d'entrées – 1.

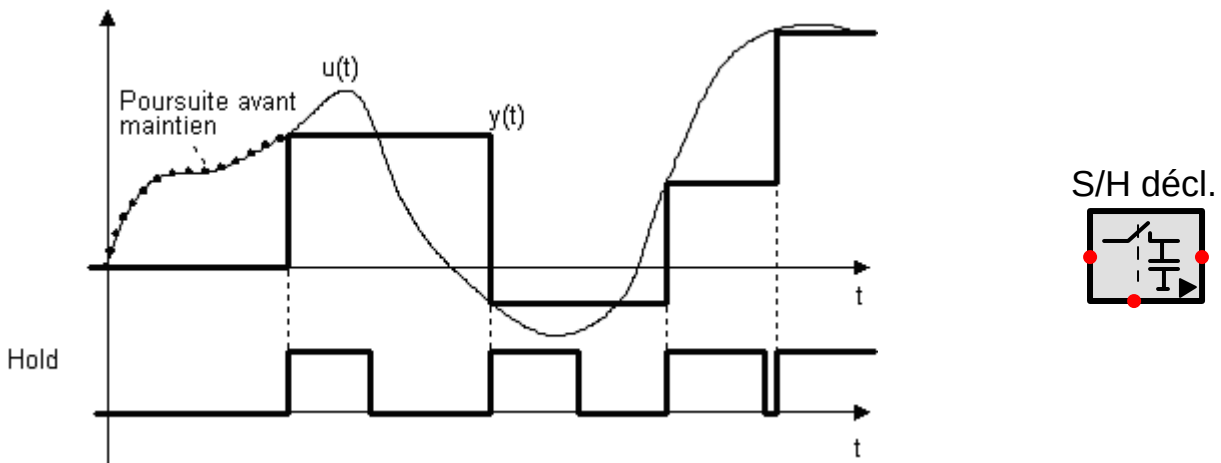
13.9.5 Echantillonneur bloqueur contrôlable

Cet élément est doté d'une entrée analogique (coté gauche) et d'une entrée de sélection (coté inférieur) associée à un signal logique. Au Front Montant (FM) du signal logique présent à l'entrée de sélection la valeur prélevée sur le signal analogique est envoyée en sortie et cette valeur est maintenue jusqu'au prochain front montant.

Avant le premier événement de déclenchement (premier FM), la forme du signal de sortie est déterminée par l'état de l'option *Poursuite avant maintien*.

Si l'option est cochée, la sortie suit parfaitement l'évolution du signal d'entrée jusqu'au premier front montant. Dans le cas où l'option est décochée le signal de sortie reste à 0. Après l'occurrence du premier événement de déclenchement (premier FM) cette option n'a plus d'influence sur la sortie.

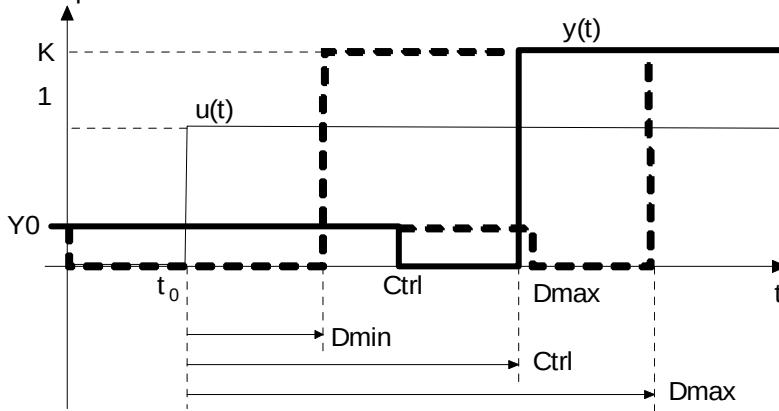
Il est à noter une différence entre l'échantillonneur bloqueur ordinaire de SimApp. Ici la période d'échantillonnage peut-être variable.



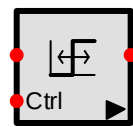
13.9.6 Retard contrôlable

Ici la valeur du retard (exprimée en seconde) est contrôlée par un signal analogique présent à l'entrée Ctrl. L'amplitude du retard est limitée entre les valeurs Dmin et Dmax. La limite inférieure est égale à 0 si Dmin<0, la limite supérieure est égale à l'infini (∞) si Dmax<0

Exemple: Entrée échelon à $t = t_0$:



Retard

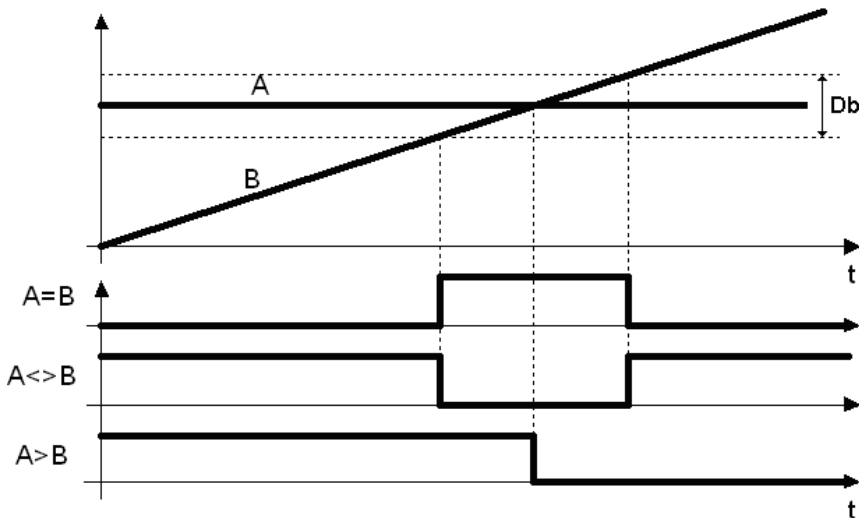


13.9.7 Relation

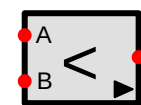
L'élément relation propose 6 opérateurs :

$A < B$ $A \leq B$ $A = B$ $A \geq B$ $A > B$ $A \neq B$

L'hystérésis est seulement employée pour l'égalité ($A=B$) et l'inégalité ($A \neq B$), car il est très difficile de comparer deux signaux analogiques. Lorsque les deux signaux sont situés entre deux limites le logiciel les interprète comme égales ou inégales dans le cas contraire.



Relation



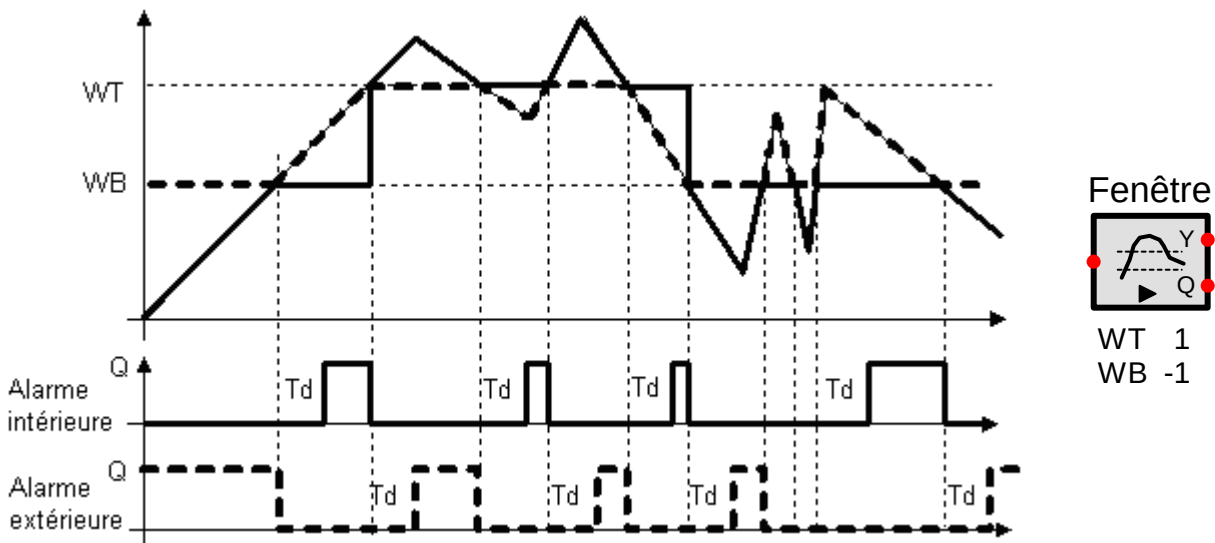
13.9.8 Comparateur à Fenêtre

Cet élément détecte si le signal d'entrée est à l'intérieur ou en dehors de la plage limitée par WB....WT (fenêtre). L'état (entrée intérieure ou extérieure) est indiqué par le port de sortie logique Q. Le port de sortie Y reproduit fidèlement le signal d'entrée lorsqu'il est dans la plage de validité (fenêtre) dans le cas contraire elle indique soit WB ou WT.

La désignation de la plage valable est confiée à l'option *Alarme extérieure* :

- Si elle est cochée, la plage de validité est définie entre WB et WT. Si le signal d'entrée n'est pas dans cette plage, la sortie Q est mise à 1.
- Si elle n'est pas cochée, la plage de validité est en dehors de l'intervalle WB WT. Si le signal d'entrée est entre WB et WT la sortie Q est mise à 1.

Le front montant de la sortie Q peut être retardé par le *délai d'alarme* T_d de telle sorte que de courtes violations de gamme puissent être ignorées.



13.9.9 Détecteur de passage par zéro

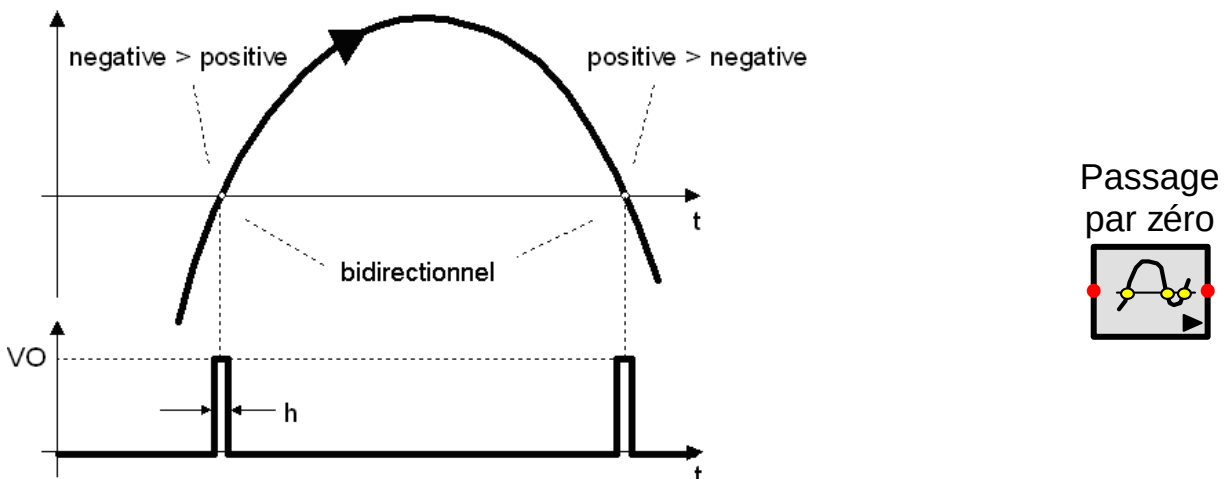
Cet élément observe le signal d'entrée et fournit une impulsion logique brève s'il croise l'axe des abscisses (ligne zéro). La largeur d'impulsion est égale à la taille du pas d'intégration. Attention cette impulsion peut ne pas être visible si la valeur affectée à la *résolution temporelle* est plus importante que la taille du *pas d'intégration* (Options de la simulation temporelle).

Il existe trois modes de détection :

Dans les deux Directions (Bidirectionnel) : Déclenche une impulsion de sortie si le signal d'entrée évolue du négatif au positif ou du positif au négatif.

Négatif > Positif : Détecte les intersections seulement si l'entrée va du négatif au positif.

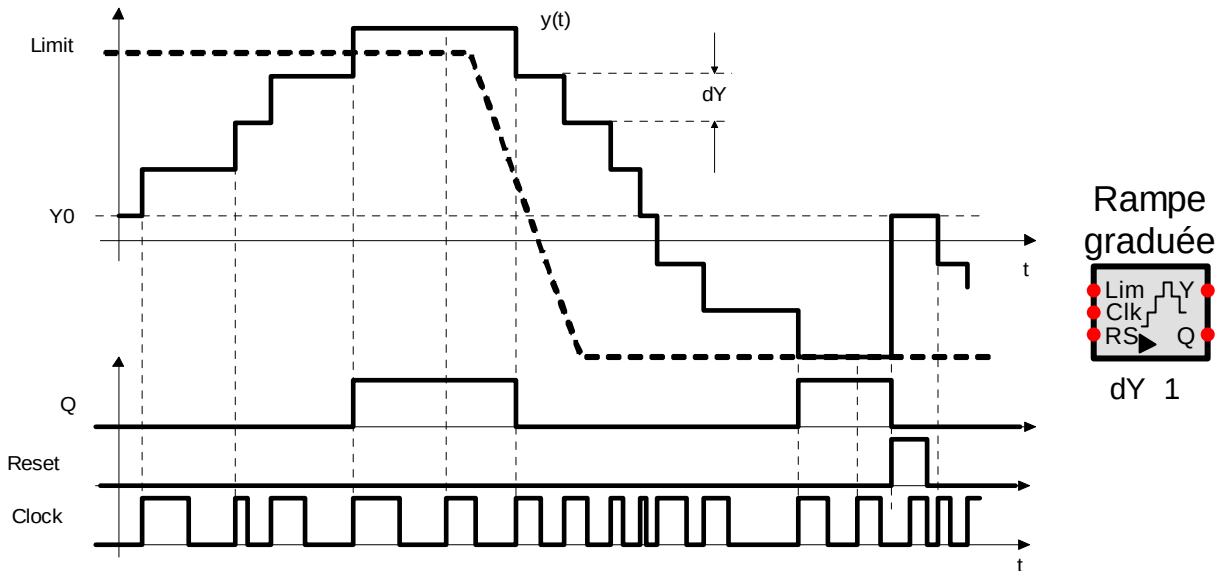
Positif > Négatif : Détecte les intersections seulement si l'entrée va du positif au négatif.



13.9.10 Rampe Graduée

Cet élément génère à sa sortie Y une rampe en escalier. La hauteur de la marche dY peut être paramétrée et reste Constante au cours de la simulation. Pour chaque front montant du signal d'horloge associé à l'entrée Clk, la rampe s'incrémente ou se décrémente de la valeur d'une marche. La rampe s'initialise à la hauteur de la variable $Y0$ et se développe vers un signal de limite variable associé à l'entrée Lim. En mettant à un le signal associé à l'entrée Reset (R), la rampe est réinitialisée à $Y0$. La rampe ne s'incrémente plus si elle a atteint la limite et la sortie Q est alors mise à un. Si la valeur du signal de limite évolue, la sortie Q repasse à zéro et la rampe cherche à nouveau à se rapprocher de la nouvelle valeur du signal de limite à chaque front montant du signal d'horloge.

La pente de la rampe peut être modifiée à tout moment par modification de la valeur limite.



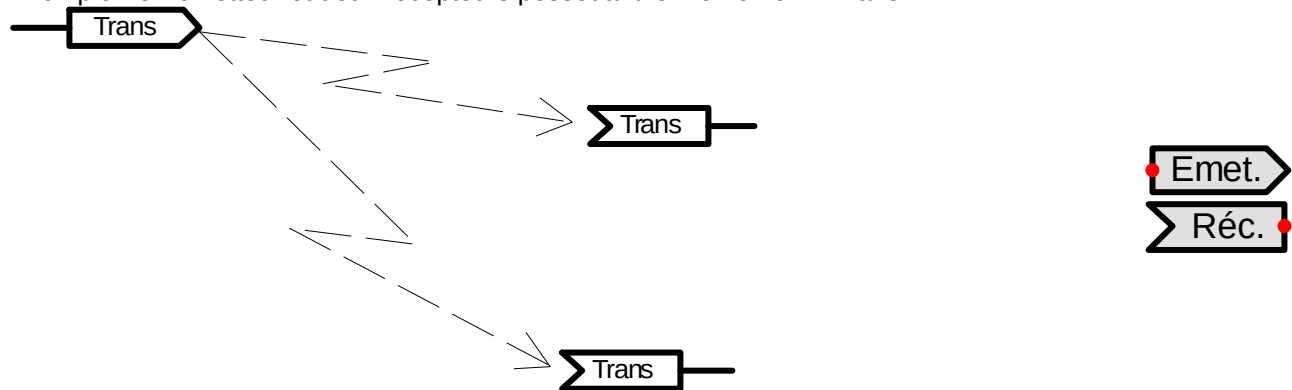
13.10 Spécial

13.10.1 Emetteur et Récepteur

Au moyen d'un couple émetteur-récepteur, il est possible d'établir des schémas fonctionnels plus clairs. Au lieu d'un raccordement visuel direct entre deux blocs, on peut employer une transmission sans fil. Le raccordement est établi grâce à un **nom commun** qui doit être unique dans le schéma. Deux émetteurs ou plus ayant le même nom forment un court circuit. Un émetteur cependant peut transmettre un signal à plusieurs récepteurs possédant le même nom.

Il est également possible de transmettre des signaux hors des blocs personnalisés sans employer de noeuds. Ceci est recommandé seulement dans le cas d'un essai car l'émetteur ne se voit pas de l'extérieur et de ce fait peut facilement être oublié.

Exemple : Un émetteur et deux récepteurs possédant le même nom : Trans



14. BIBLIOGRAPHIE

Deutsch

- [1] Föllinger Otto: Regelungstechnik, Hüthig-Verlag Heidelberg, 1994
- [2] Orłowski Peter: Praktische Regeltechnik, Springer-Verlag Berlin, 1994
- [3] Mann Heinz, Schiffelgen Horst, Froriep Rainer: Einführung in die Regelungstechnik, Carl Hanser-Verlag München, 1997
- [4] Wegener Adolf: Analoge Regelungstechnik, Carl Hanser-Verlag München, 1995
- [5] Bossel Hartmut: Modellbildung und Simulation, Vieweg-Verlag Wiesbaden, 1994
- [6] Schwarz Hans Rudolf: Numerische Mathematik, B. G. Teubner Stuttgart, 1993
- [7] Föllinger Otto: Lineare Abtastsysteme, Oldenburg Verlag München, 1993
- [8] Föllinger Otto: Nichtlineare Regelungen I, Oldenburg Verlag München, 1993
- [9] Föllinger Otto: Nichtlineare Regelungen II, Oldenburg Verlag München, 1993
- [10] Föllinger Otto: Laplace- und Fourier-Transformation, AEG-Telefunken, 1980
- [11] Lutz, Wendt: Taschenbuch der Regelungstechnik, Verlag Harri Deutsch
- [12] Norbert Grosse, Wolfgang Schorn, Taschenbuch der praktischen Regelungstechnik, Hanser, 2006

English

- [21] Kuo Benjamin C.: Automatic Control Systems, Prentice Hall, 1995
- [22] Kuo Benjamin C.: Digital Control Systems, Holt, Rinehart and Winston, Inc, 1980
- [23] Kailath Thomas: Linear Systems, Prentice Hall, 1980
- [24] Gibson John E.: Nonlinear Automatic Control, McGraw-Hill, 1963
- [25] Atherton D. P.: Nonlinear Control Engineering, Van Nostrand Reinhold Company London, 1975
- [26] Slotine, Jean-Jacques E. and Weiping Li: Applied Nonlinear Control, Prentice-Hall, 1991

Français

- [41] BHALY: Boucles de Régulation, études et mise au point, Kirk Editions, 1990
- [42] C.Sueur, P.VanHeeghe, P.Borne: Automatique des Systèmes Continus, Edition Technip, 1997
- [43] Yves Granjon: Automatique, Dunod, 2003