

Commande numérique des systèmes

G. Iuliana BARA

`iuliana.bara@lsiit-cnrs.unistra.fr`

`http://eavr.u-strasbg.fr/~bara`

Télécom Physique Strasbourg

Année universitaire 2012-2013

1 – Organisation de l'enseignement	3
2 – Programme du cours	4
3 – Bibliographie	6
4 – Introduction – But de l'enseignement	8

1 – Organisation de l'enseignement

☞ Cours magistral :

☛ Première partie : 4 séances avec G.I. BARA → polycopié + *compléments de cours*

☛ Deuxième partie : 4 séances avec O. KERMORGANT

☞ Travaux dirigés : 6 séances TD

☞ Travaux pratiques : 3 séances TP en rotation → salle Automatique

2 – Programme du cours

➡ Première partie :

Échantillonnage d'un signal	
Transformée en \mathcal{Z}	
Transmittance des systèmes échantillonnés	Equations aux différences, fonction de transfert
Analyse des systèmes échantillonnés	Pôles et zéros, stabilité, réponse temporelle, réponse fréquentielle
Analyse des systèmes échantillonnés en boucle fermée	Critère de Nyquist, lieu d'Evans, précision statique

☞ Deuxième partie :

Synthèse des correcteurs numériques

Synthèse par transposition

PID numérique

Synthèse directe des correcteur numériques

3 – Bibliographie

- ☞ R. Longchamp, “Commande numérique de systèmes dynamiques”, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1995.
- ☞ G.F. Franklin, J.D. Powell, L.M. Workman, “Digital control of dynamic systems”, Addison-Wesley Series in Electrical and Computer Engineering : Control Engineering, 1990.
- ☞ K.J. Aström, B. Wittenmark, “Computer controlled systems : theory and design”, Prentice-Hall, 1984.
- ☞ R.H. Middleton, G.C. Goodwin, “Digital control and estimation : a unified approach”, Prentice-Hall, 1990.

- ➡ P. de Larminat, “Automatique : commande des systèmes linéaires”, Hermes, 2^e édition, 1996.
- ➡ J.R. Leigh, “Applied digital control : theory, design and implementation”, Prentice-Hall, 1992.
- ➡ E. Godoy, E. Ostertag, “Commande numérique des systèmes”, Technosup, 2004.

4 – Introduction – But de l'enseignement

👉 Automatique ("Systems and Control Theory")

- ➡ Définition : une branche des mathématiques et de l'ingénierie qui a comme objectif l'étude, la modélisation, l'identification et l'analyse des systèmes dynamiques dans le but de commander ou de contrôler leur comportement

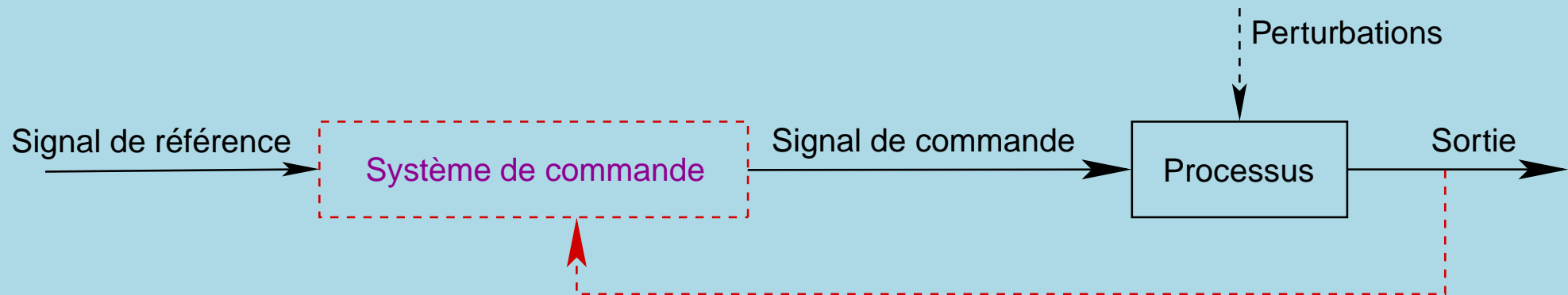
👉 Théorie des asservissements ("Control theory")

- ➡ Définition : agir sur les systèmes physiques de manière à imposer le comportement souhaité

➡ Avantages :

- améliorer les performances des processus industriels et la qualité des produits,
- réduire la consommation d'énergie et la pollution, augmenter la sécurité ...

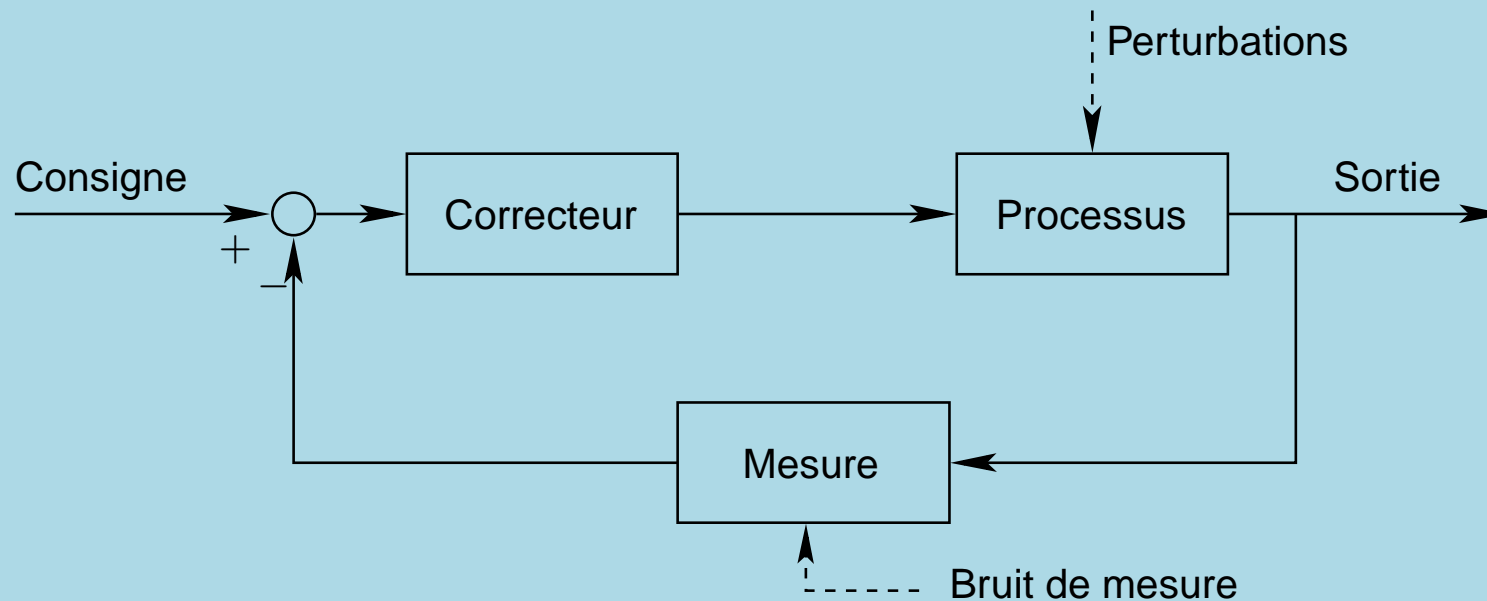
- But : conception des lois de commande pouvant réaliser les fonctions
 - d'*asservissement* = poursuite d'un signal de référence
 - de *régulation* = rejet des perturbations



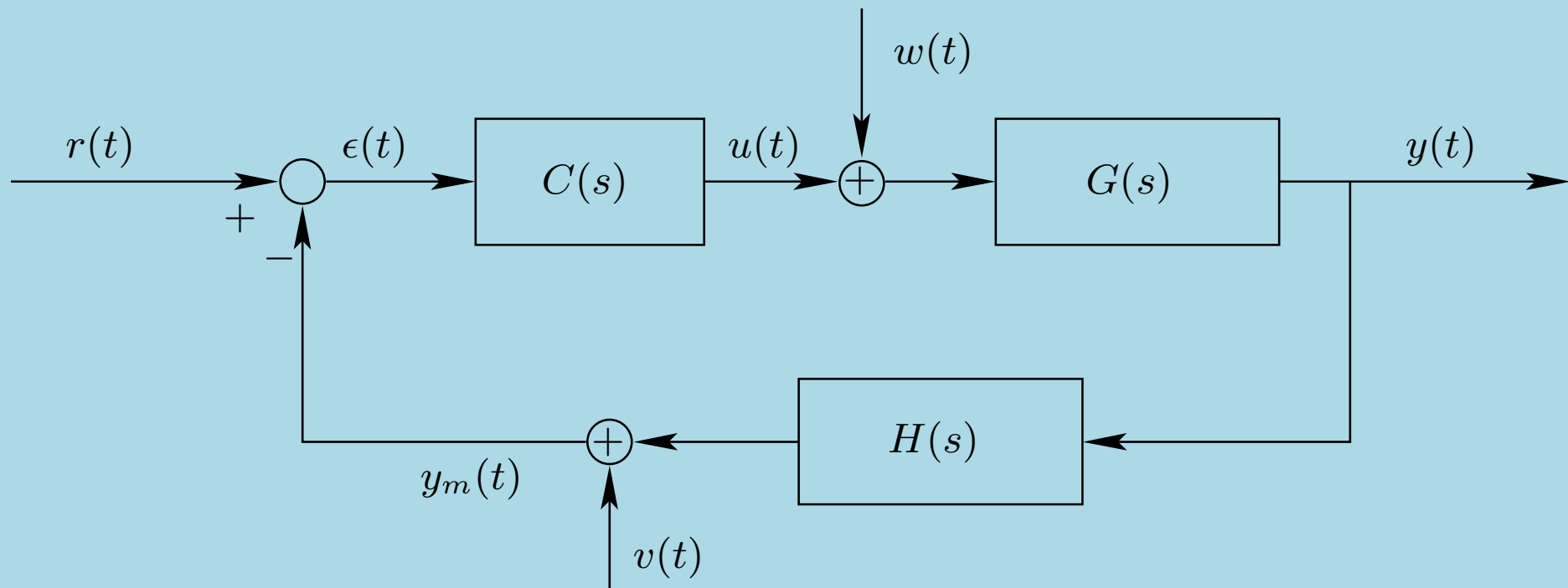
Système de commande = régulateur, correcteur, compensateur

▣ Boucle fermée :

- stabiliser un système instable en boucle ouverte
- améliorer les performances de suivi de consigne
- compenser / réduire l'effet des perturbations externes
- compenser / réduire les incertitudes internes au processus

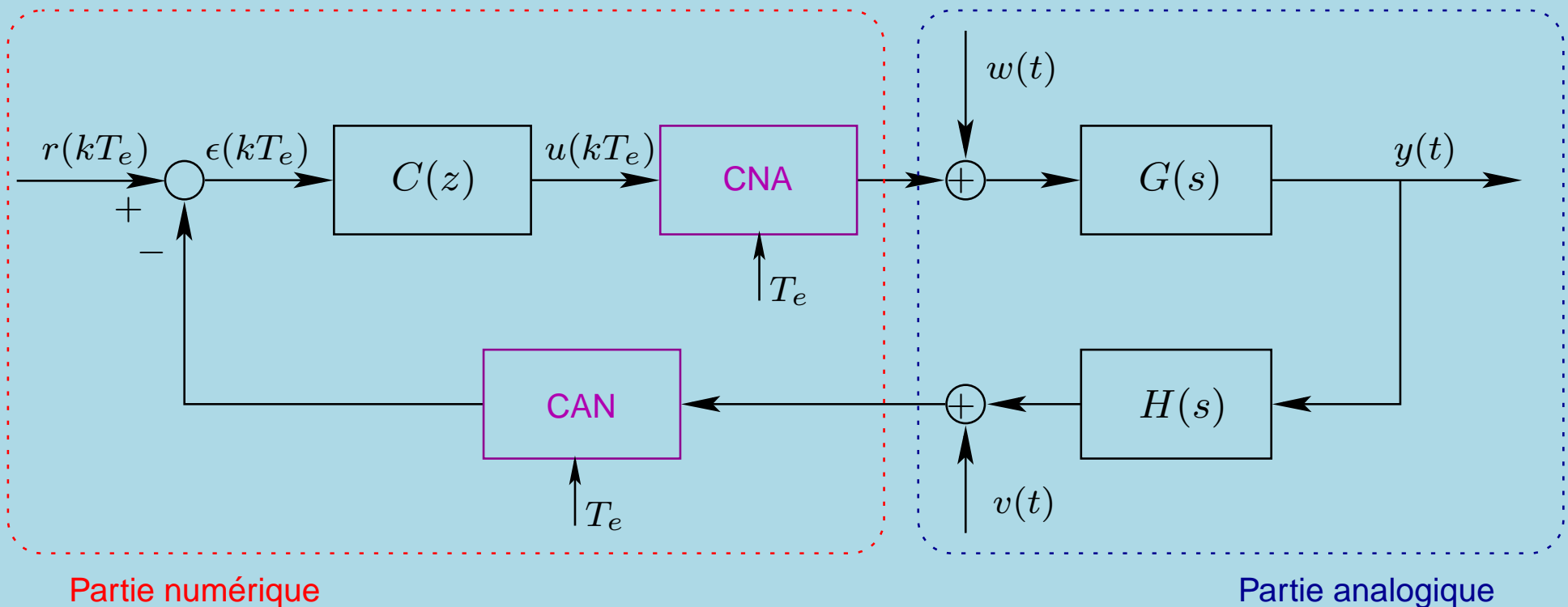


- Asservissement continu : correcteur analogique → méthodes de synthèse à temps continu



Asservissement numérique : correcteur numérique

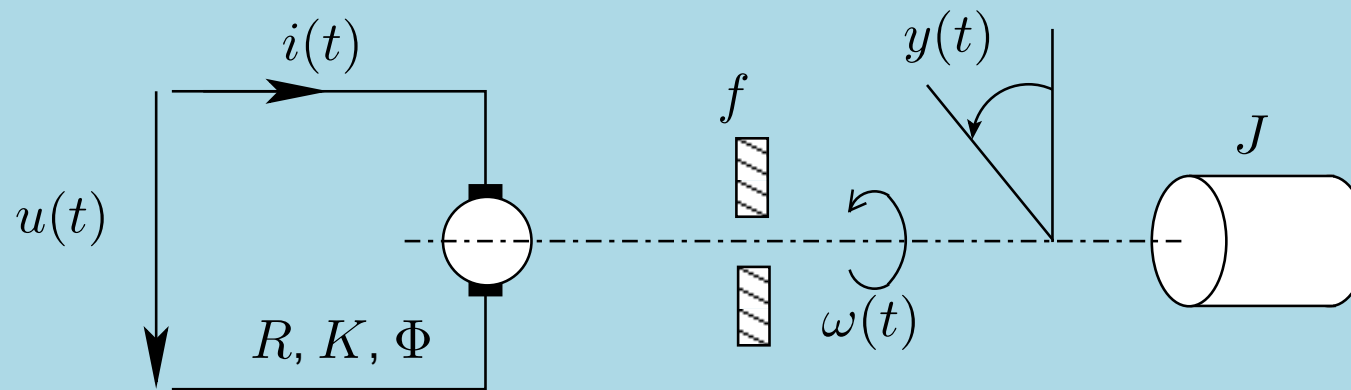
→ atouts : coût faible, rapidité, précision élevée et insensibilité aux bruits, facilité d'implémentation et souplesse par rapport aux modifications



→ mise en œuvre d'une interface entre l'ordinateur et le procédé (CAN-CNA)

Est-il nécessaire de développer une théorie spécifique pour l'asservissement numérique ?

Exemple 1 : moteur à courant continu couplé à une charge

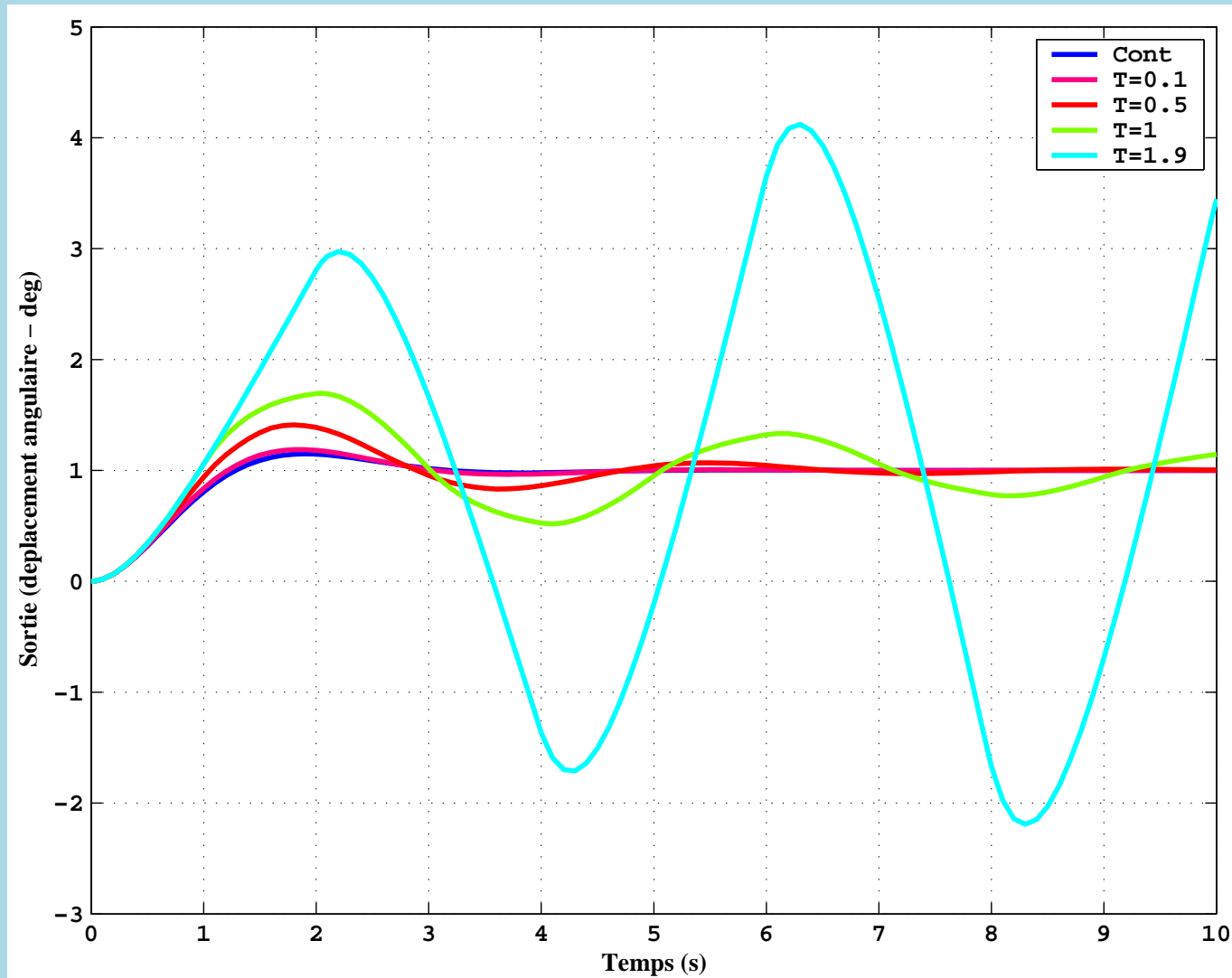


→ Fonction de transfert
$$\frac{Y(s)}{U(s)} = \frac{\frac{K\Phi}{JR}}{s^2 + \frac{1}{J}\left(f + \frac{(K\Phi)^2}{R}\right)s} = \frac{4}{s(s+2)}$$

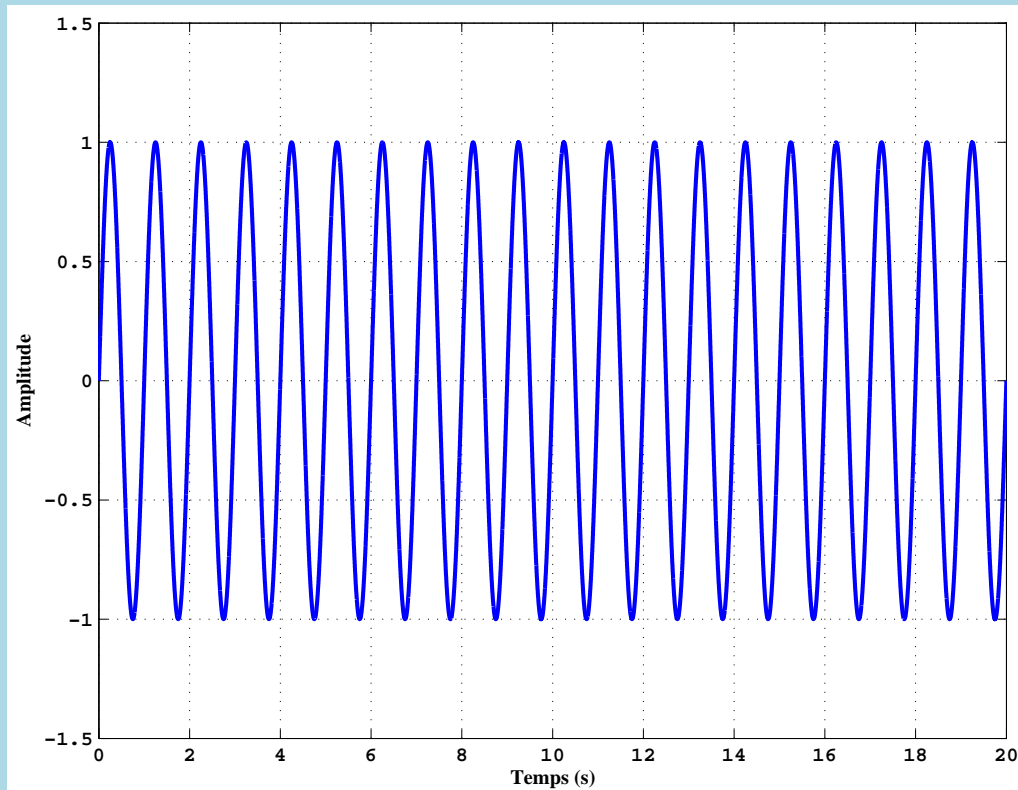
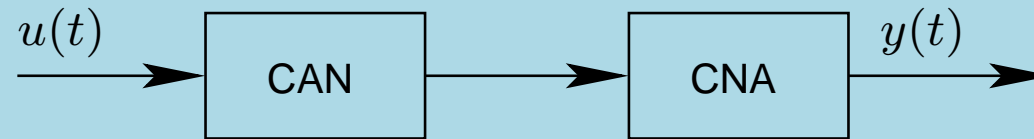
→ Correcteur proportionnel analogique
$$u(t) = K_p(y(t) - r(t))$$

→ Correcteur proportionnel numérique
$$u(kT_e) = K_p(y(kT_e) - r(kT_e))$$

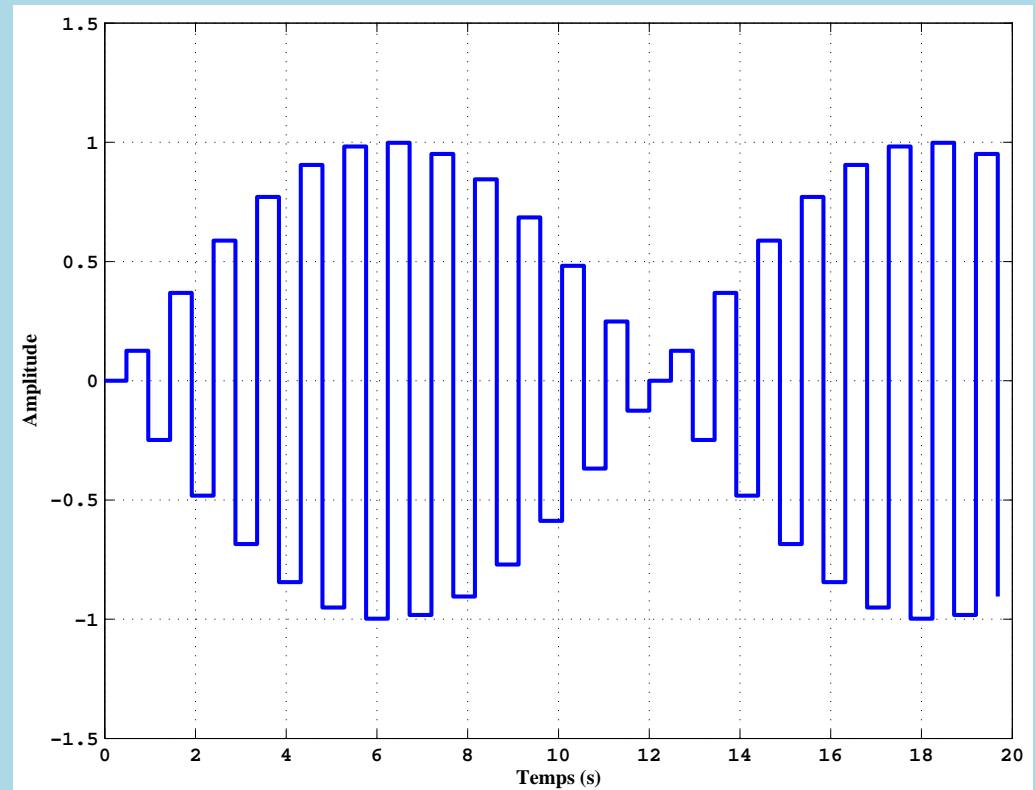
→ Déplacement angulaire pour une entrée échelon



➡ Exemple 2 : phénomène de *battements* du au CAN (mesure à chaque 0.48s)



$$u(t) = \sin(2\pi t)$$



$$y(t)$$

▣ Réponse : mettre ensemble des signaux analogiques et numériques peut générer certains problèmes et difficultés

→ Nécessité de comprendre l'échantillonnage et la reconstruction des signaux analogiques




De plus, des nombreux systèmes sont intrinsèquement numériques

→ Nécessité d'utiliser un outil mathématique spécifique pour l'analyse des systèmes numériques / échantillonnés

→ Nécessité de développer des méthodes d'analyse et de synthèse spécifiques aux systèmes numériques / échantillonnés

Objectif de l'enseignement :

étudier les asservissements numériques c'est à dire le problème de l'utilisation, en temps réel, de calculateurs ou processeurs numériques afin de commander, piloter des processus physiques

-  représentation et étude des différentes interactions qui apparaissent entre la partie analogique et la partie numérique
-  analyse des systèmes numériques
-  synthèse et mise en œuvre des lois de commande numériques