UNIVERSITÉ DE LORRAINE

POLYTECH NANCY

Convertisseurs - Bloqueurs

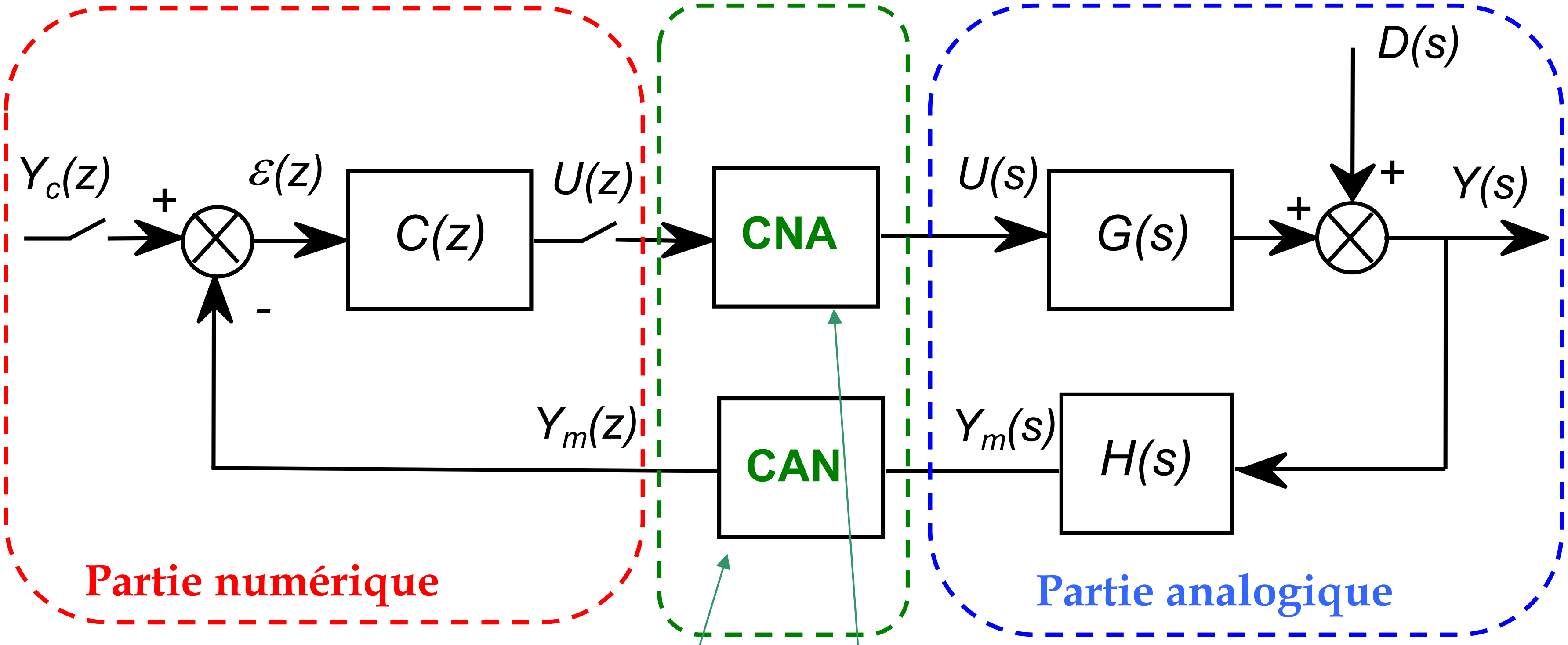
Hugues GARNIER

hugues.garnier@univ-lorraine.fr

POLYTECH NANCY

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Schéma de régulation numérique

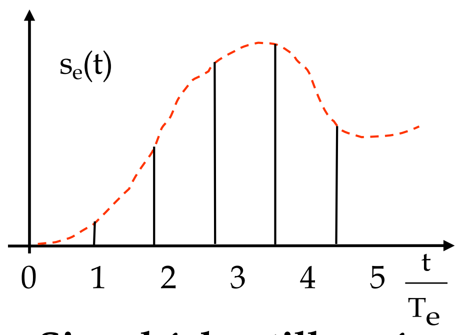


- Besoin de blocs pour faire dialoguer les parties analogique et numérique :

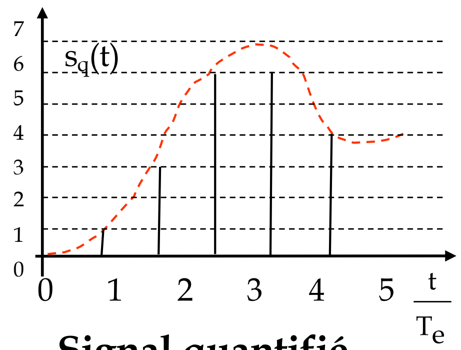
CAN & CNA

Conversion d'un signal analogique en signal numérique : CAN

- La conversion est caractérisée par deux **discrétisations**
  - la 1ère concerne le ***temps*** et porte le nom d'***échantillonnage*** : cela consiste à prendre des échantillons du signal analogique à des instants régulièrement espacés
  - La 2e concerne ***l'amplitude*** et porte le nom de ***quantification*** : cela consiste à coder l'amplitude du signal sur un nombre fini d'éléments binaires



Signal échantillonné



Signal quantifié

H. Garnier

Choix à effectuer lors de la numérisation d'un signal analogique

- Précision de discrétisation via le choix de la fréquence d'échantillonnage
  - f_e doit être suffisamment élevée si l'on ne veut pas perdre trop d'informations sur le signal
  - Cependant plus f_e est élevée (T_e faible), plus le temps disponible pour effectuer les calculs numériques sera court et plus le nombre d'échantillons à traiter sera important

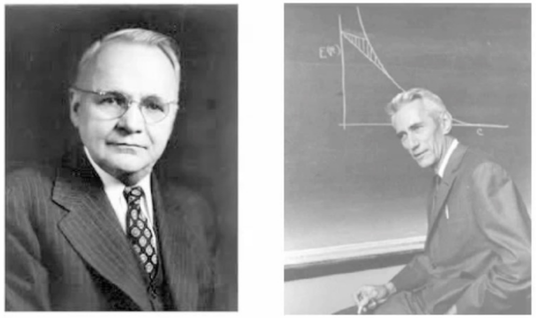
Comment choisir la fréquence d'échantillonnage f_e ?

H. Garnier

POLYTECH NANCY

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

Théorème d'échantillonnage



Harry Nyquist
1889-1976

Claude Shannon
1916-2001

Un signal x(t) à bande limitée dans l'intervalle de fréquence $[-f_{max}\,;\,+f_{max}]$

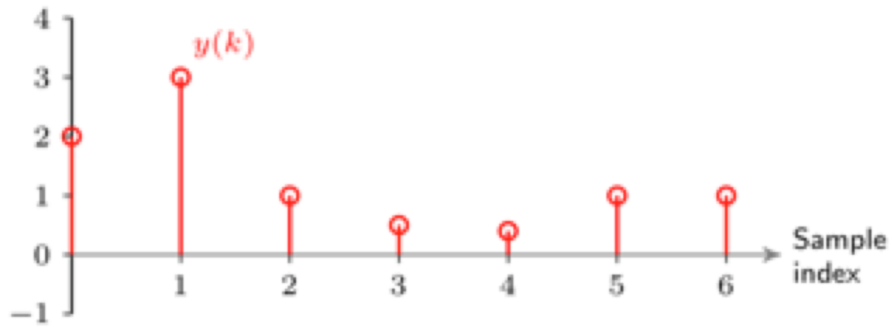
peut être reconstruit exactement à partir de ses échantillons

si $f_e > 2\,f_{max}$

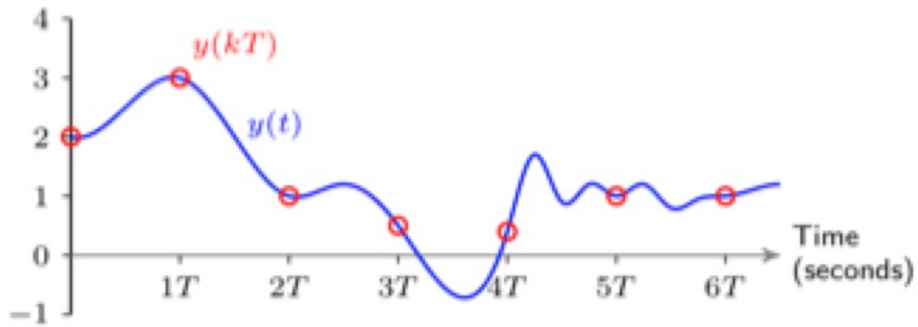
La fréquence limite $f_e/2$ est appelée ***fréquence de Nyquist***

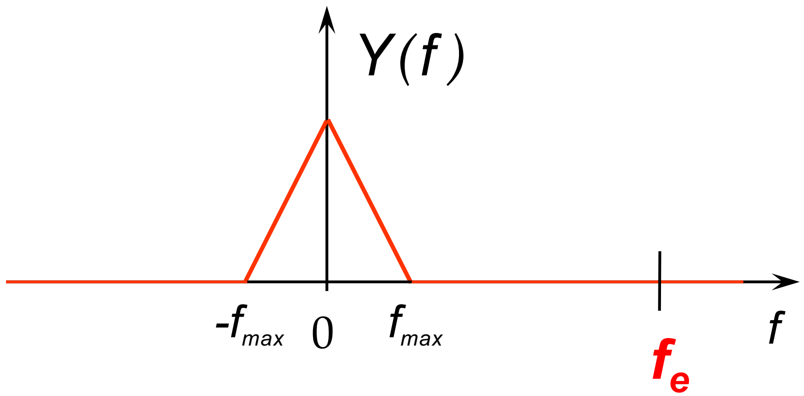
Théorème de Shannon - Interprétation

- On dispose des échantillons *y(k)*. Comment en déduire *y(t) ?*



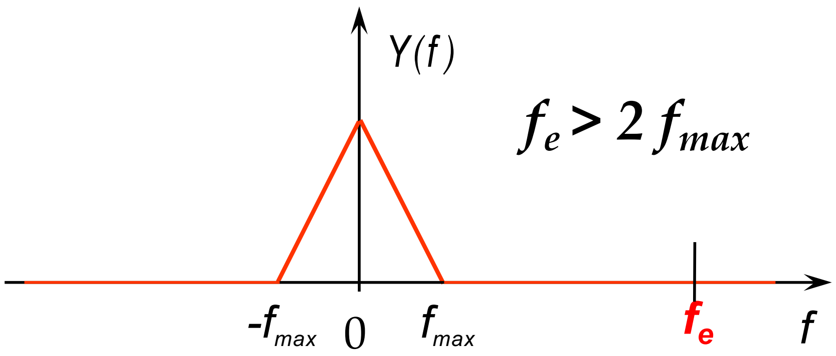
- Si $f_e > 2\ f_{max}$ alors on pourra reconstruire parfaitement *y(t)* à partir de des échantillons $y(kT_e)$





Spectre du signal *y(t)*

Théorème de Shannon en pratique



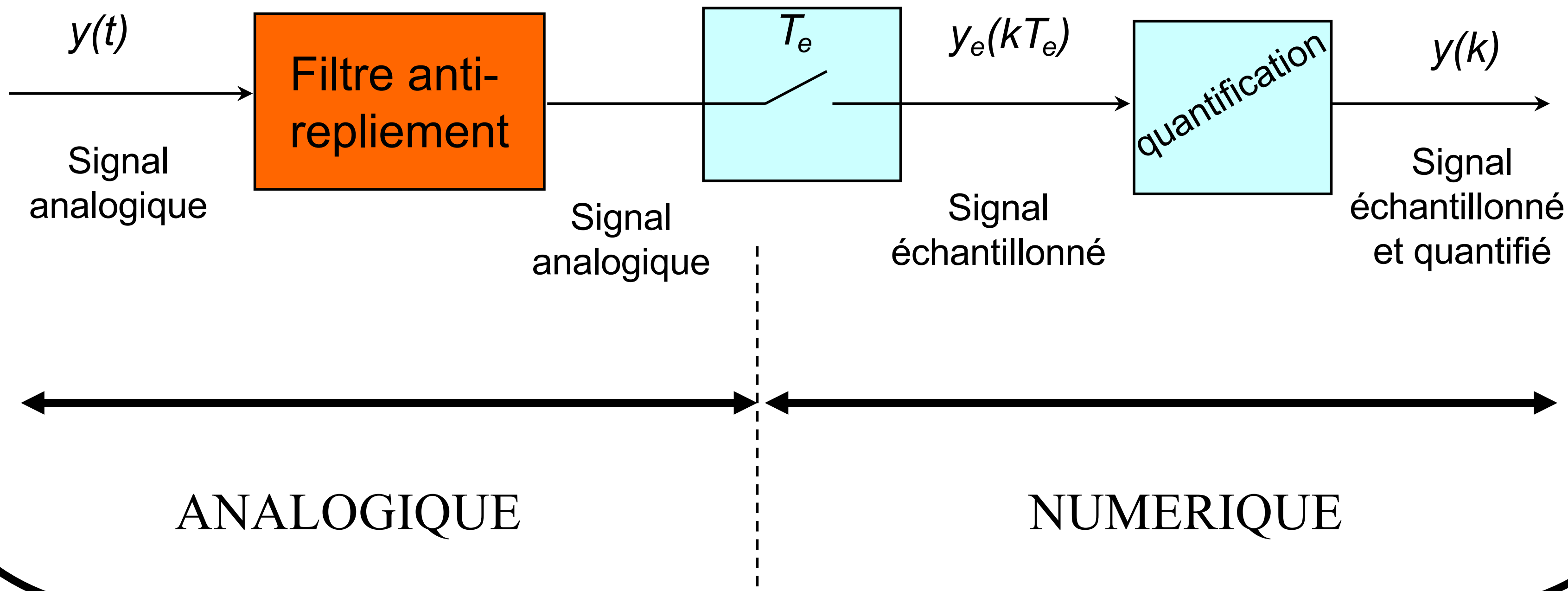
- Le théorème de Shannon ne permet d'avoir qu'une borne **inférieure** sur la fréquence d'échantillonnage à ne pas dépasser
  - Il faut en pratique choisir une fréquence d'échantillonnage **bien plus élevée**
- La fréquence f_{max} est rarement connue précisément
  - Il est nécessaire de filtrer le signal analogique par un filtre analogique de type passe-bas. Un tel filtre est appelé *Filtre Anti-Repliement (de spectre)*
- Pour la mise en œuvre d'une régulation numérique, le choix de la fréquence d'échantillonnage est un problème bien plus complexe
  - Il dépend des caractéristiques de la réponse en boucle fermée désirée et donc des performances recherchées *(voir plus loin)*

H. Garnier

Chaîne pratique pour la conversion analogique numérique (CAN)

- En pratique :
  - indispensable de faire précéder l'opération d'échantillonnage par un filtre passe-bas appelé ***filtre anti-repliement*** de fréquence de coupure f_c un peu inférieure à la fréquence de Nyquist $f_c \approx f_e / 2$

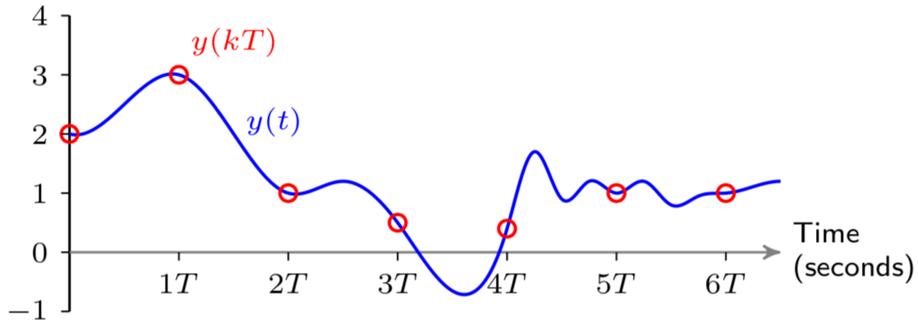
- La chaîne pratique pour convertir un signal analogique en signal numérique est donc constituée des éléments suivants :

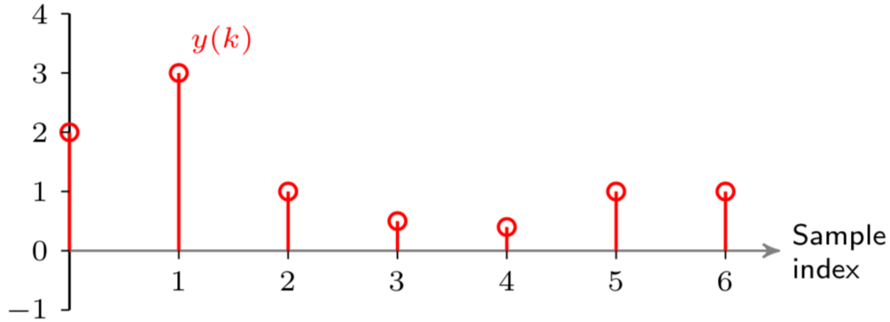


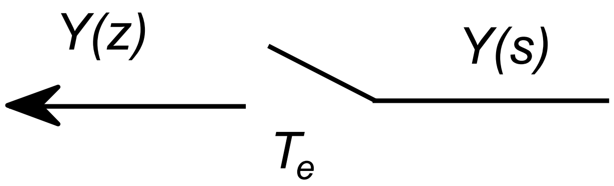
H. Garnier

Conversion Analogique Numérique (CAN) Représentation simplifiée

- La représentation habituelle de l'opération de CAN consiste à ne représenter **que le bloc échantillonneur**





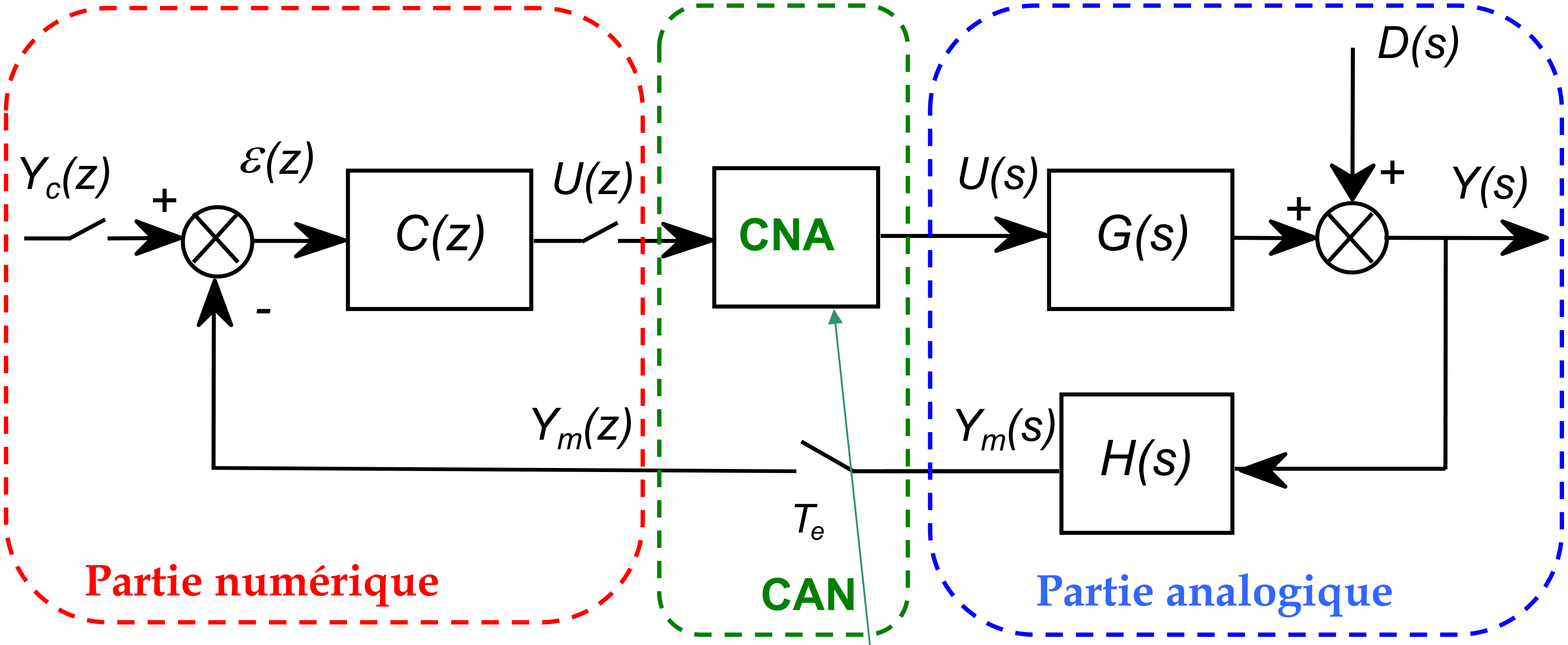


H. Garnier

Quelques valeurs classiques de périodes d'échantillonnage

	T_e **en secondes**
• Asservissement	
– Position	0,001 à 0,1
• Régulation	
– Vitesse	0,001 à 0,1
– Débit	1 à 3
– Niveau	5 à 10
– Pression	1 à 5
– Température	10 à 45
• Systèmes industriels	
– Colonnes à distiller	10 à 180
– Réacteurs catalytiques	10 à 45
– Fours à ciment	20 à 45
– Sécheurs	20 à 45

Schéma de régulation numérique

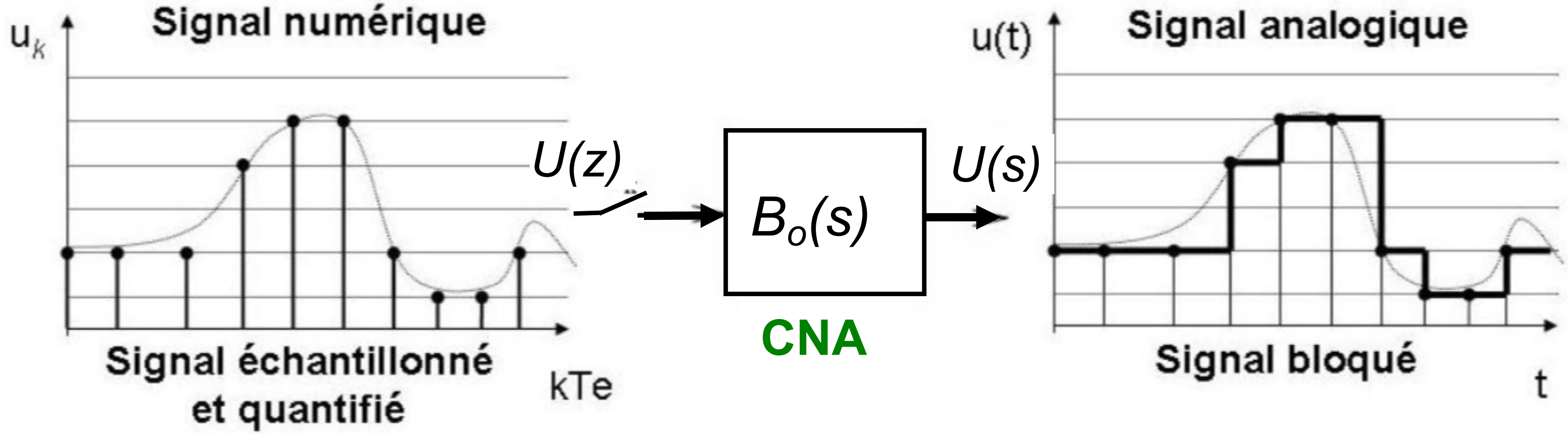


- Besoin de blocs pour faire dialoguer les parties analogique et numérique :

CAN & **CNA**

Conversion Numérique Analogique (CNA)
Reconstruction pratique

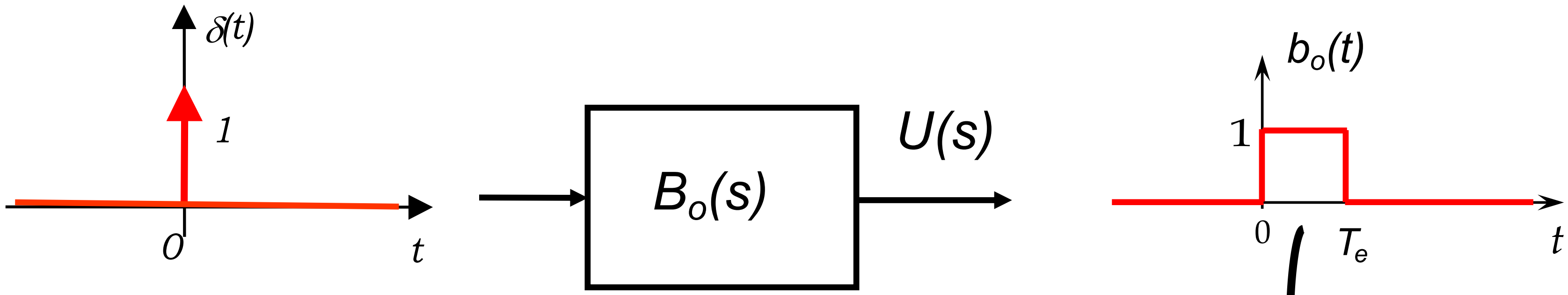
- L'opération de CNA la plus courante consiste à produire un signal de commande continu $u(t)$ à partir des valeurs échantillonnées $u(k)$ en maintenant constant $u(k)$ durant toute la période d'échantillonnage via un **bloqueur** d'ordre 0 (*Zero-Order* ***Hold*** *ou ZOH*)



H. Garnier

Fonction de transfert de Laplace d'un bloqueur d'ordre zéro

- **<u>Rappel</u> : fonction de transfert = $\mathcal{L}$(réponse impulsionnelle)**

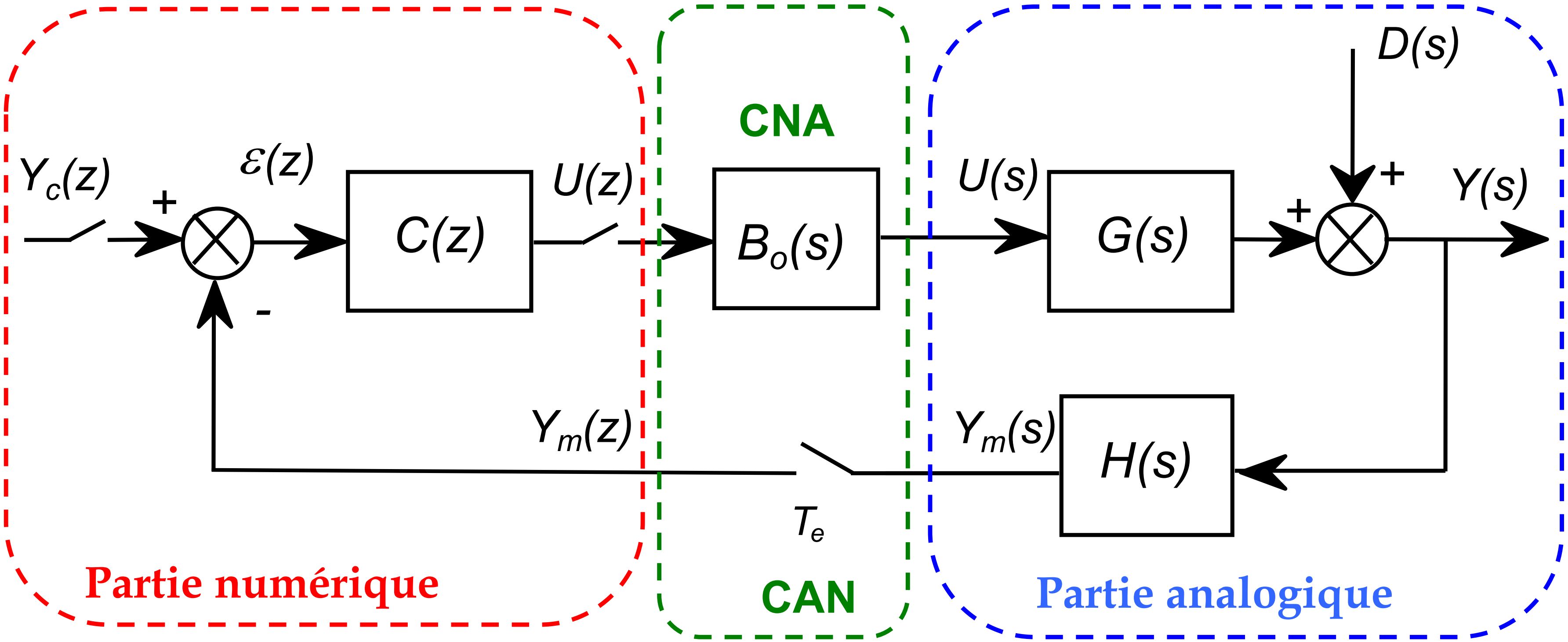


$$b_o(t) = \Gamma(t) - \Gamma(t - T_e)$$

$$\mathcal{L}\big(b_o(t)\big) = B_o(s) = \frac{1}{s} - \frac{e^{-T_e s}}{s}$$

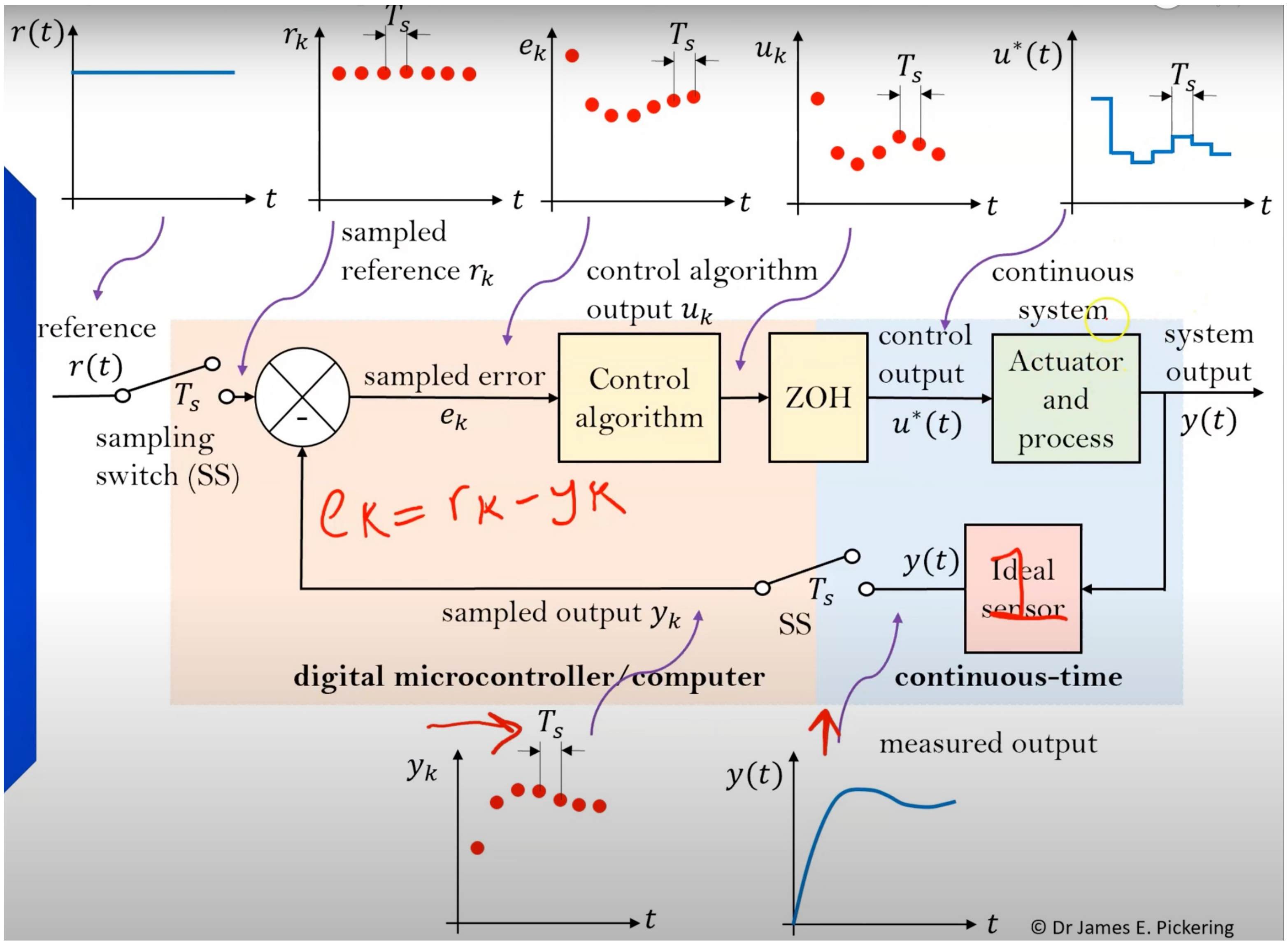
$$B_o(s) = \frac{1 - e^{-T_e s}}{s}$$

Schéma de régulation numérique



H. Garnier

Signaux dans un schéma de régulation numérique



From James Pickering – University of Aston - www.jamesepickering.com/