Annulation d'écho acoustique dans les prothèses auditives

24 octobre 2003, JJCAAS 2003

Thomas FILLON, Jacques PRADO

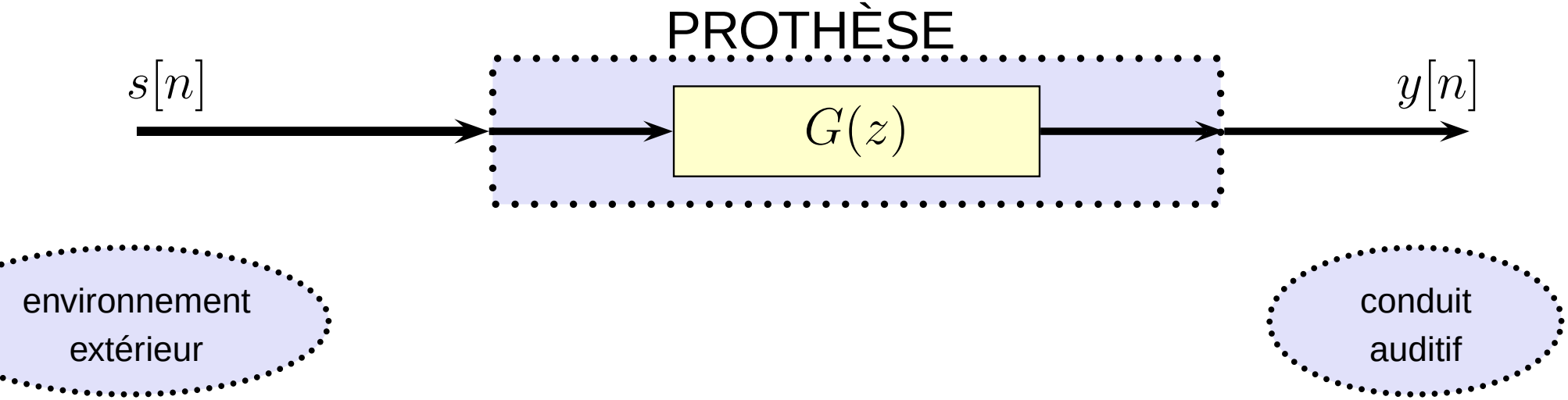
fillon@tsi.enst.fr, prado@tsi.enst.fr

ENST, Dépt.Traitement du Signal et des Image

46 rue Barrault 75634 Paris Cedex 13, France

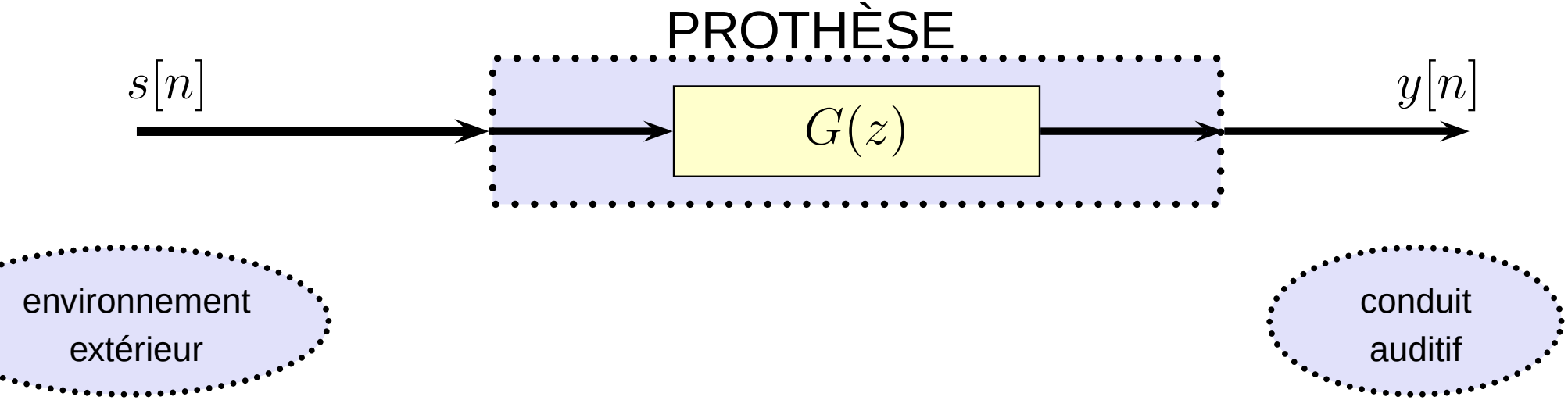
TELECOM PARIS
école nationale supérieure des télécommunications

Principes



- Cas "idéal", *parfaite étanchéité acoustique*

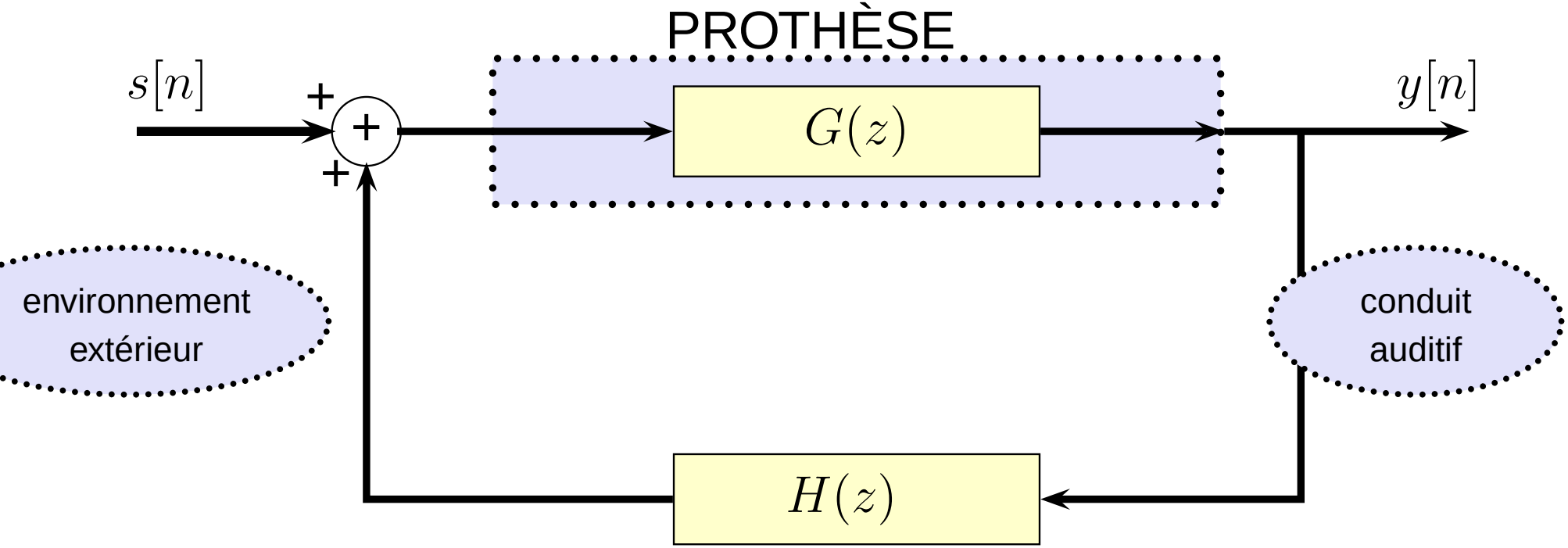
Principes



- Cas "idéal", *parfaite étanchéité acoustique*

$$\boxed{\mathcal{T}(z) = G(z)}$$

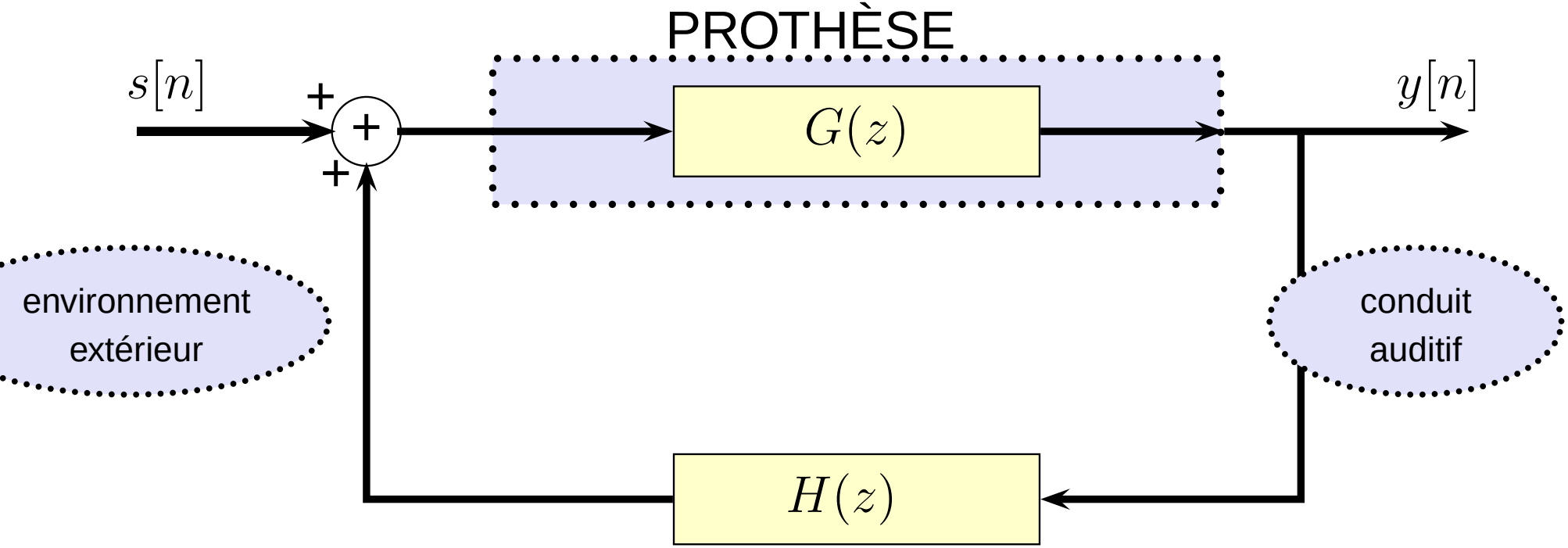
Principes



- Cas réel, *retour acoustique sortie/entrée*

$$\mathcal{T}(z) = \frac{G(z)}{1 - G(z).H(z)}$$

Principes



- Cas réel, *retour acoustique sortie/entrée*
- Distorsions et éventuellement *instabilité du système* = Effet Larsen

$$\mathcal{T}(z) = \frac{G(z)}{1 - G(z).H(z)}$$

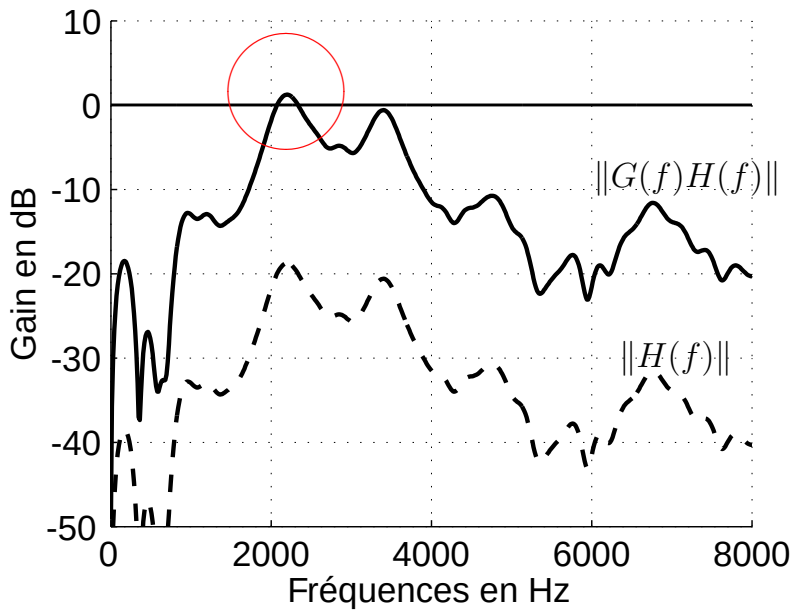
Effet Larsen 1/2

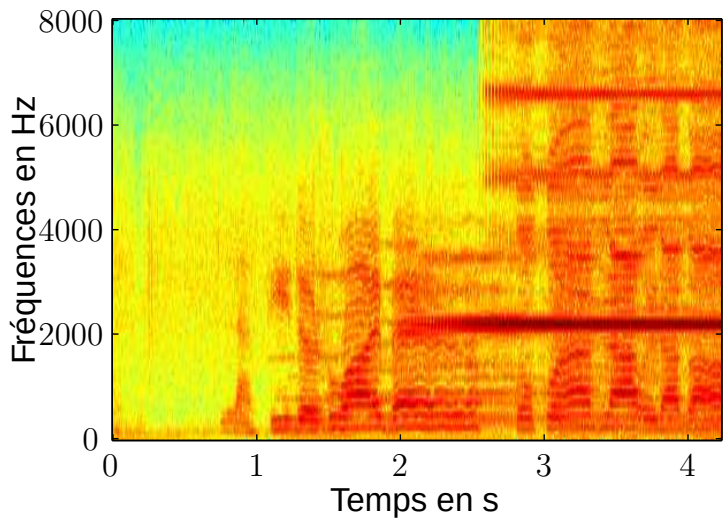
- $\boxed{\mathcal{T}(z) = \frac{G(z)}{1-G(z).H(z)}}$ $\longrightarrow$ Système en boucle fermée
- *Conditions de Nyquist* :

  Le système sera instable, si et seulement si, il existe au moins une valeur z_0 sur le cercle unité pour laquelle :

  $|G(z_0).H(z_0)| > 1$, et

  $arg(G(z_0).H(z_0)) = 2m\pi$ rad, $m \in \mathbb{N}$.
- Condition suffisante de stabilité : $\boxed{|G(z).H(z)| < 1\,, \forall z \in \mathcal{C}}$





Effet Larsen 2/2

Condition suffisante de stabilité : $\boxed{|G(z).H(z)| < 1 \, , \forall z \in \mathcal{C}}$

- méthodes classiques :
  - filtre rejecteur centré sur une fréquence
  - réduction du gain

Effet Larsen 2/2

Condition suffisante de stabilité : $\boxed{|G(z).H(z)| < 1 \, , \forall z \in \mathcal{C}}$

- méthodes classiques :
  - filtre rejecteur centré sur une fréquence
  - réduction du gain
- problèmes :
  - ces méthodes ne permettent pas une réhabilitation optimale du déficit auditif
  - ces méthodes ne prennent pas en compte la variabilité de l'environnement

TELECOM PARIS
école nationale supérieure des télécommunications

Effet Larsen 2/2

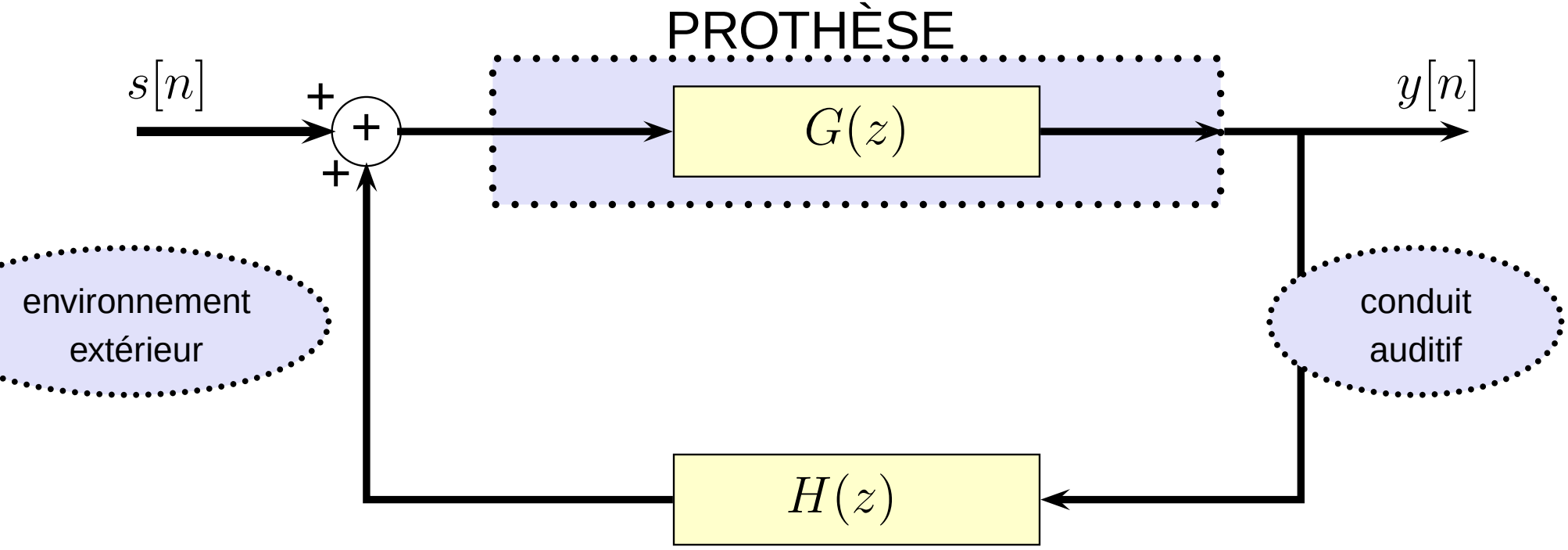
Condition suffisante de stabilité : $\boxed{|G(z).H(z)| < 1 \, , \forall z \in \mathcal{C}}$

- méthodes classiques :
  - filtre rejecteur centré sur une fréquence
  - réduction du gain
- problèmes :
  - ces méthodes ne permettent pas une réhabilitation optimale du déficit auditif
  - ces méthodes ne prennent pas en compte la variabilité de l'environnement

Effet Larsen = facteur limitant *majeur* pour la réhabilitation

TELECOM PARIS
école nationale supérieure des télécommunications

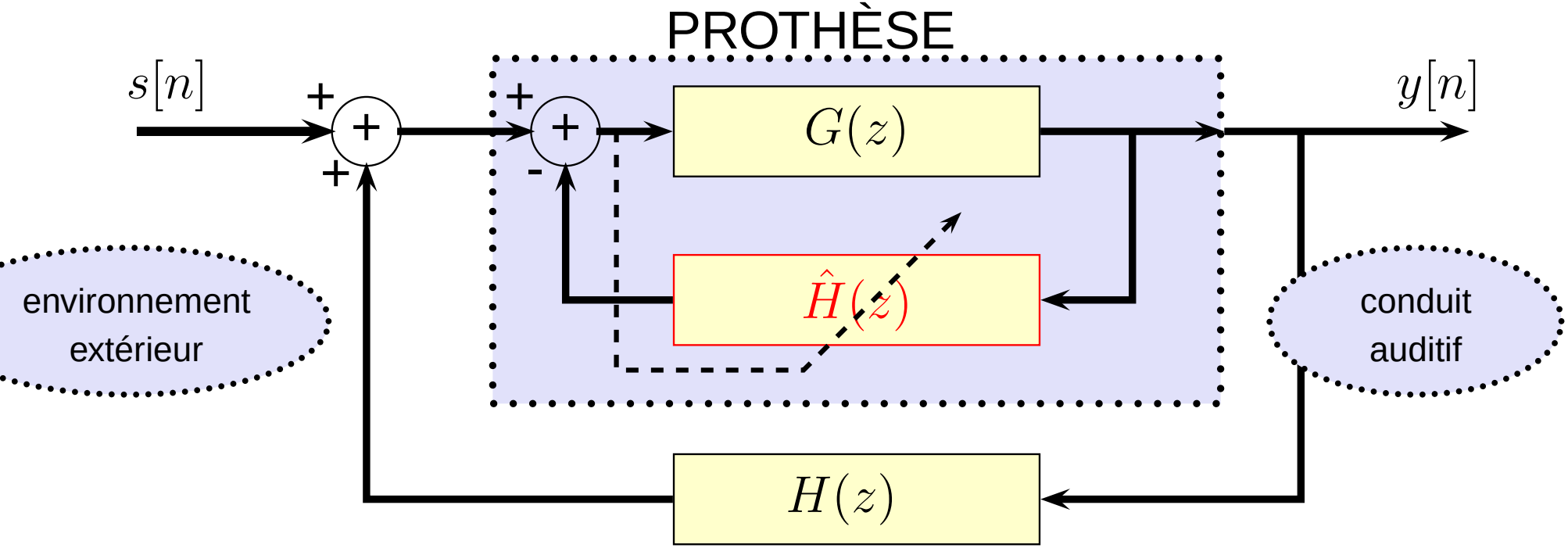
Filtrage adaptatif



- Cas réel , *retour acoustique sortie/entrée*

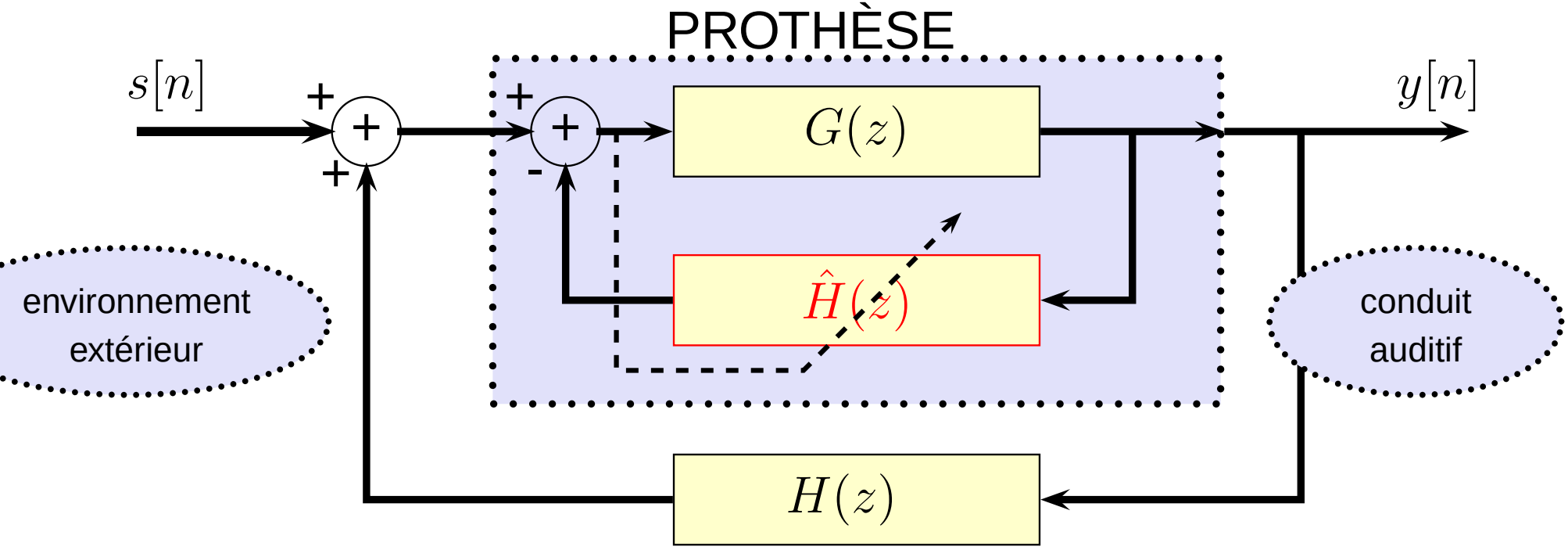
$$\boxed{\mathcal{T}(z) = \frac{G(z)}{1 - G(z).H(z)}}$$

Filtrage adaptatif



- Solution : utilisation d'un *filtre adaptatif* $\hat{H}(z)$

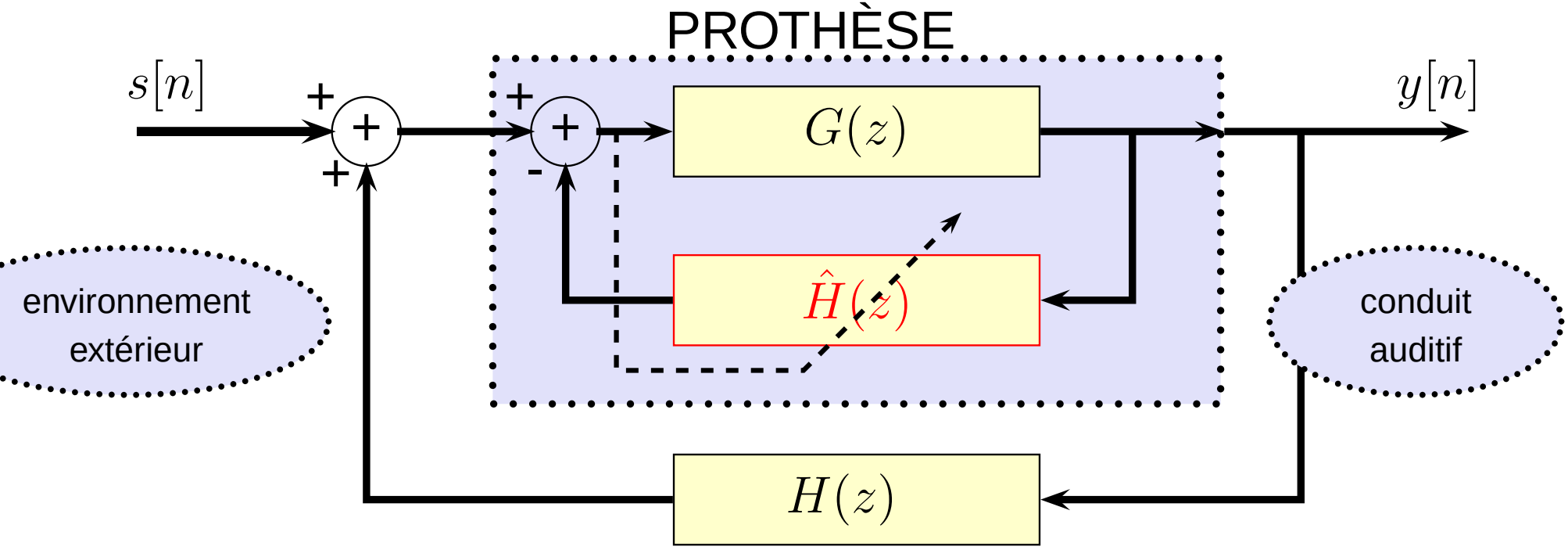
Filtrage adaptatif



- Solution : utilisation d'un *filtre adaptatif* $\hat{H}(z)$

$$\boxed{\mathcal{T}(z) = \frac{G(z)}{1 - G(z).\left(H(z) - \hat{H}(z)\right)}}$$

Filtrage adaptatif



- Solution : utilisation d'un *filtre adaptatif* $\hat{H}(z)$

$$\mathcal{T}(z) = \frac{G(z)}{1 - G(z).\left(H(z) - \hat{H}(z)\right)}$$

si $\left\| H(z) - \hat{H}(z) \right\| \ll \|G(z)\|^{-1}$

alors stabilité

et $\mathcal{T}(z) \simeq G(z)$

Résultats 1/2

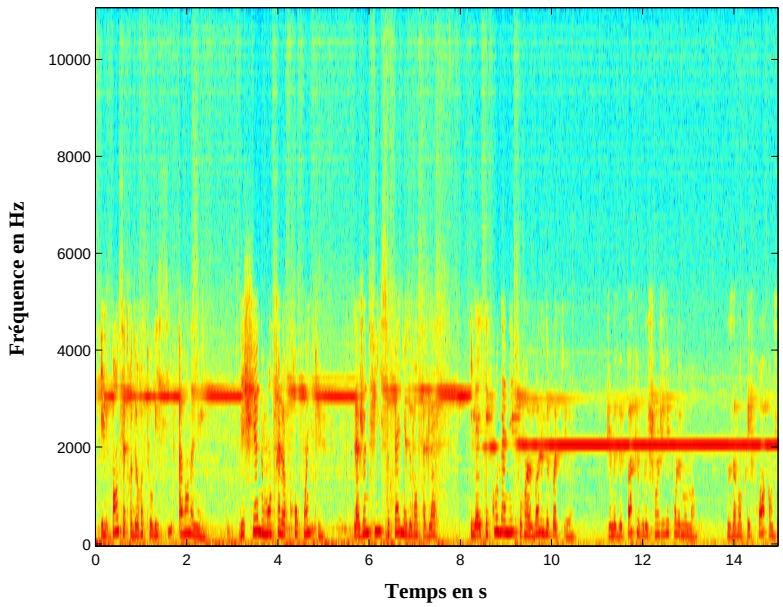
- Test en environnement statique

Compression	Gain Crititique		Marge de Gain	Notes
	Sans Ann. Echo	Avec Ann. Echo		
Non	24,4dB	45dB	20,6dB	$G > 45dB$ distorsions
Oui	38dB	68dB	30dB	distorsions

TELECOM PARIS
école nationale supérieure des télécommunications

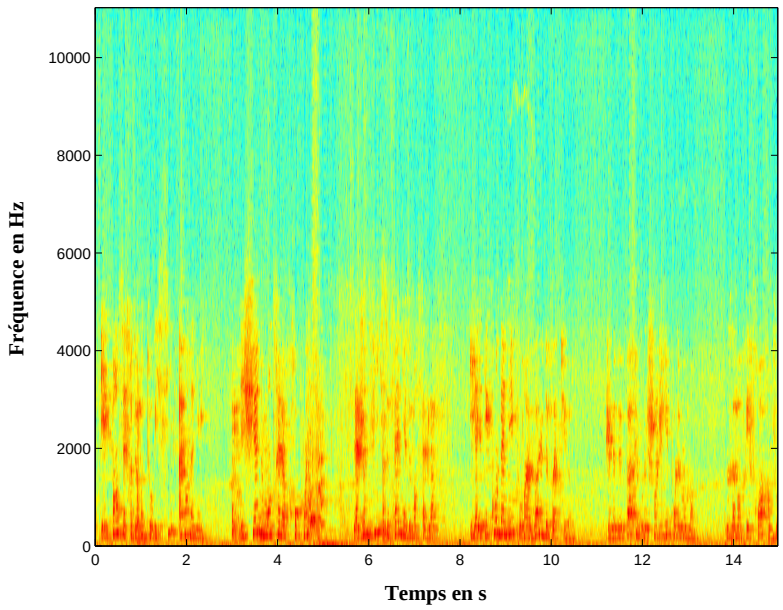
Résultats 2/2

- Test en environnement variable (Changement d'environnement acoustique à $t \simeq 8s$).



Sans annulation d'écho

Exemple : Gain 24dB



Avec annulation d'écho.

Exemple : Gain 34dB

Exemple : Gain 44dB