

## WP6 «APPLICATION PROJET N° 2»

### SIMULATION DU CONTROLE COMMANDE D'UN APPAREIL PROPULSIF A CYCLE COMBINE

Le comportement du navire sera simulé à l'aide de :

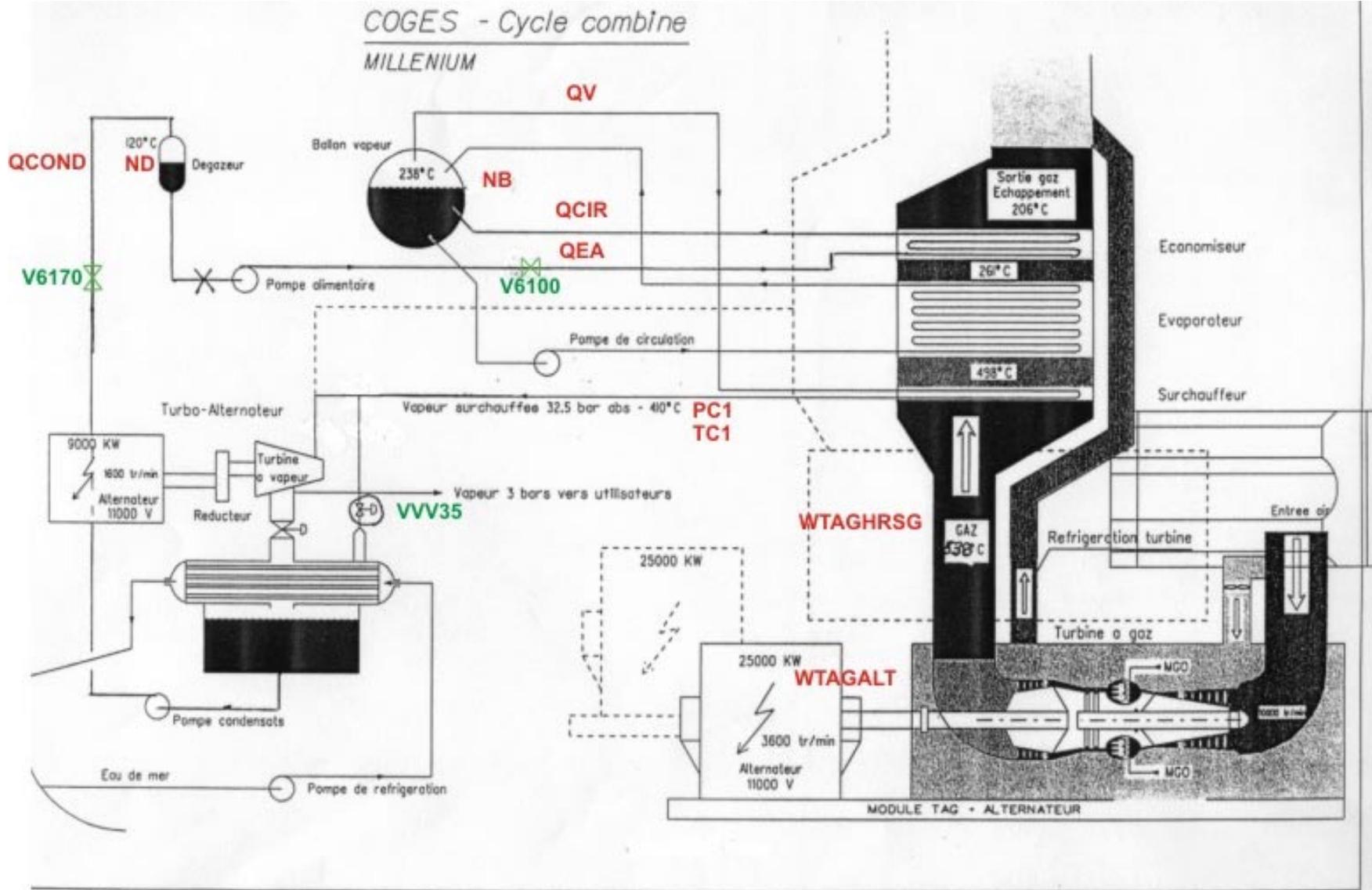
- MATLAB/SIMULINK
- NEPTUNIX
- SCILAB/SCICOS

Puis :

- *SIGNAL : le Contrôle / Commande*
- *Approche ACOTRIS/UML → SynDEX → SIGNAL*

## SITIA

avec l'appui de CS SI  
(ALSTOM / CAT)



## LES PROCESSUS ETUDIÉS

Dans le cadre du projet ACOTRIS, l'étude du processus dans sa globalité n'est pas envisagée.

L'étude sera donc restreinte aux points suivants :

### **Un ballon vapeur :**

Nous distinguerons :

- La modélisation du processus
- Son contrôle commande : régulation du niveau

### **Le dégazeur :**

Nous distinguerons :

- La modélisation du processus
- Son contrôle commande : régulation du niveau

### **Une TAG :**

Elle sera composée :

- D'une Turbine de puissance
- D'un Turbo compresseur
- D'un Arbre de transmission (avec couple de charge)
- Du contrôle de la puissance

## PRINCIPE DE MODELISATIONS

### Modèles de connaissance

Basés sur les équations de la physique

- Thermodynamique : Puissances et enthalpie, entropies, etc.
- Thermohydraulique : Chutes de pression dans les tuyaux
- Électrotechnique : Moteur électrique, PODs
- Mécanique : Hélice, carène

...

**Parfois incontournables**

**Long, coûteux**

### Modèles de représentation

Boîtes noires : fonctions (de transfert) Entrées / Sorties

- Identification des processus (fonctions de transfert) à partir de résultats d'essais
- Abaques constructeurs

**Parfois suffisants**

**Moins long, moins coûteux**

## ESSAIS EN MER

### Essais régulations des chaudières

- Décembre 2000
- Un navire à cycle combiné CAT (**C**hantiers de l'**AT**lantique)
- SITIA : Ahmed ABDALLAH, Pascal PICARD

### Types d'essais réalisés (SITIA)

- Essais d'identification : variations des consignes, perturbations, etc.
- Essais de dysfonctionnement
- Essais de filtrage

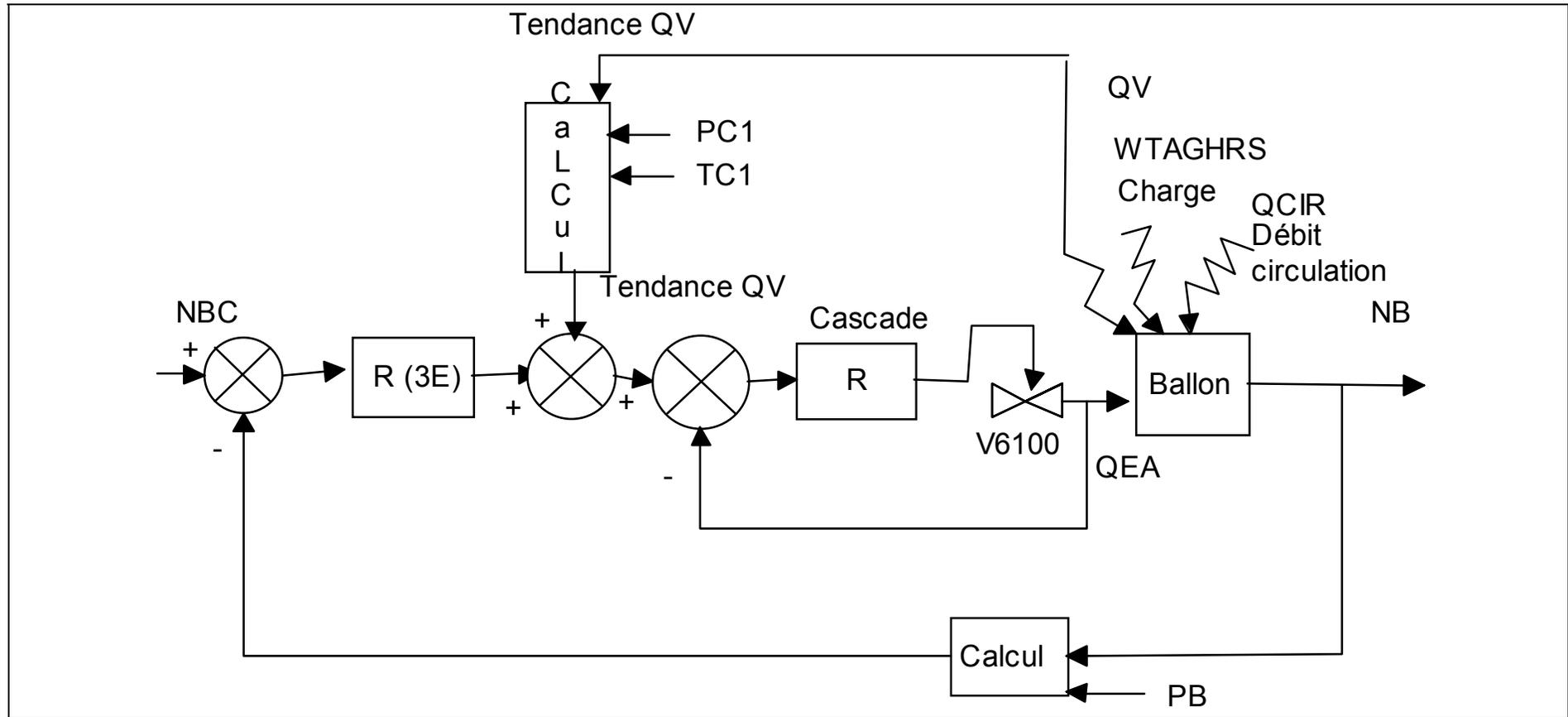
### Analyse des mesures acquises (SITIA)

- Archivage
- Analyse des essais
- **Identifications des processus :**

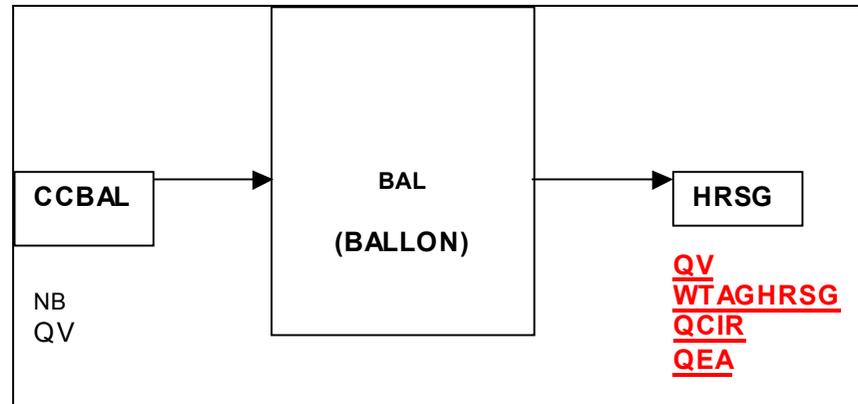
Sur la base d'enregistrements d'entrées – sorties en boucle fermée, méthode du " Maximum de vraisemblance sur modèle d'état avec conditions initiales"  
(L.Ljung, 1988)

# LE BALLON

## Schéma fonctionnel



## Le ballon : Schéma bloc



## Entrées / Sorties

Variables d'entrée	Unité	Description
QEA	t/h	Débit d'eau alimentaire.
QV	t/h	Débit vapeur.
WTAGHRSG	w	Charge TAG transmise à HRSG
QCIR	t/h	Débit circulation
Variables de sortie	Unité	Description
NB	mm	Niveau de l'eau dans le ballon.

## Le ballon : Équations

Identification de la fonction de transfert NB/QEA

Celle-ci est obtenue à partir de résultats expérimentaux.

$$\text{NB/QEA} = G(P) = K_g * K_{corG} / [G_{b3} * p^3 + G_{b2} * p^2 + G_{b1} * p]$$

où  $p$  désigne la variable de Laplace

Identification de la fonction de transfert NB/QV

Celle-ci est obtenue à partir de résultats expérimentaux.

$$\text{NB/QV} = F(P) = K_f [1 - T_o * p] / [G_{b3} * p^3 + G_{b2} * p^2 + G_{b1} * p]$$

où  $p$  désigne la variable de Laplace

Identification de la fonction de transfert NB/WTAGHRSG

*En attente d'informations (CAT)*

Identification de la fonction de transfert NB/QCIR

*En attente d'informations (CAT)*

## Le contrôle / commande du ballon : Équations

### Équations

#### 1. Régulation 3E (3 éléments)

La première résulte du régulateur et de l'action de la tendance pour de forts débits de vapeur.

Cette commande est dite à trois éléments (Correcteur, tendance QV et asservissement de la vanne).

$$\text{SI } QV > \text{NBSEUILQV1E3E}$$

$$QEA = (1/K_{corG}) * [Kp + 1/(Ti * p)] * [NBC - NB] + QV$$

#### 2. Régulation 1E (1 élément)

On l'utilise pour des débits de vapeur inférieurs à NBSEUILQV1E3E.

Cette commande est dite à un élément (le correcteur). Il n'y a pas de tendance QV et la vanne est actionnée en boucle ouverte (on ne sait pas mesurer les faibles débits d'eau et on suppose que le fonctionnement de la vanne est linéaire pour de faibles débits).

$$\text{SI } QV < \text{NBSEUILQV1E3E}$$

$$QEA = (1/K_{corG}) * [Kp + 1/(Ti * p)] * [NBC - NB]$$

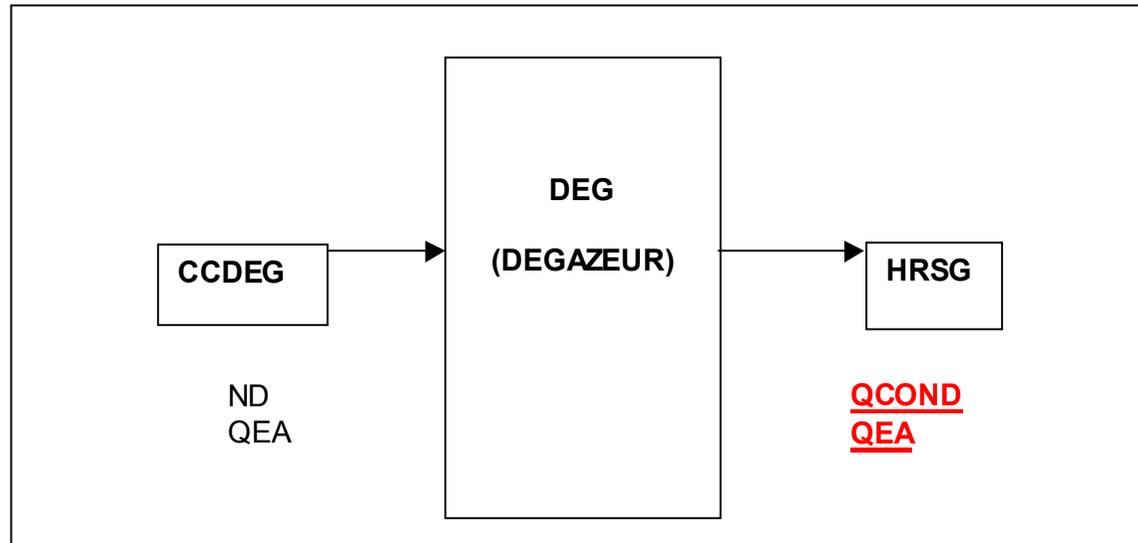
#### Coefficients du régulateur PID

$$[ Kp + 1/(Ti * p) ]$$

avec  $Kp=6$  et  $Ti=150$

## LE DEGAZEUR

### Schéma bloc



### Entrées / Sorties

Variables d'entrée	Unité	Description
NBCONSIGNE	mm	Niveau d'eau désiré dans le ballon.
QV	t/h	Débit vapeur.
NB	mm	Niveau d'eau mesuré dans le ballon.
Variables de sortie	Unité	Description
QEA	t/h	Débit d'eau alimentaire.
REG3E		(Booléen) = 1 SI régulation 3

	éléments ; 0 SINON.
--	---------------------

## Le dégazeur : Équations

### Modèle de représentation

Identification à partir des relevés expérimentaux des fonctions de transfert Niveau / Débits

$$F(p) = ND/QCONDF(p) = ND/QEA \text{ et } G(p) = ND/QEA$$

### Équations

Identification de la fonction de transfert ND/QEA

*En attente d'informations (SITIA).*

Identification de la fonction de transfert ND/QCOND

*En attente d'informations (SITIA).*

## Le contrôle / commande du dégazeur : Équations

### 1. Régulation 3E (3 éléments)

Cette commande est dite à trois éléments (Correcteur, tendance QEA et asservissement de la vanne).

**SI QEA > NDSEUILQEA1E3E**

$$QCOND = (1/KcorG) * [Kp + 1/(Ti*p)] * [NDC - ND] + QEA$$

### 2. Régulation 1E (1 élément)

On l'utilise pour des débits d'eau alimentaires inférieurs à NDSEUILQEA1E3E.

Cette commande est dite à un élément (le correcteur). Il n'y a pas de tendance QEA et la vanne est actionnée en boucle ouverte (on ne sait pas mesurer les faibles débits d'eau et on suppose que le fonctionnement de la vanne est linéaire pour de faibles débits).

**SI QEA < NBSEUILQV1E3E**

$$QCOND = (1/KcorG) * [Kp + 1/(Ti*p)] * [NDC - ND]$$

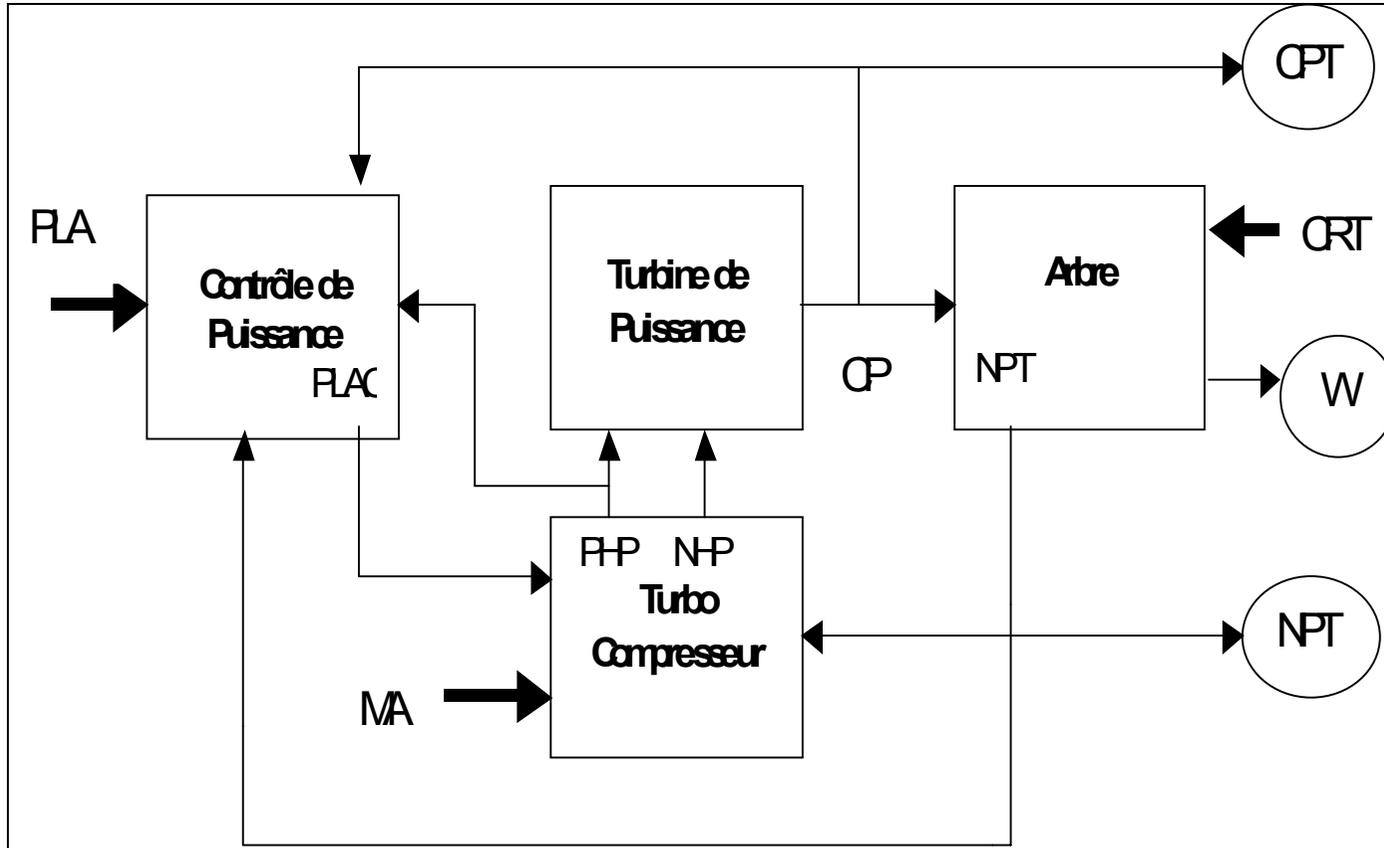
### Coefficients du régulateur PID

**[ Kp + 1/(Ti\*p) ]**

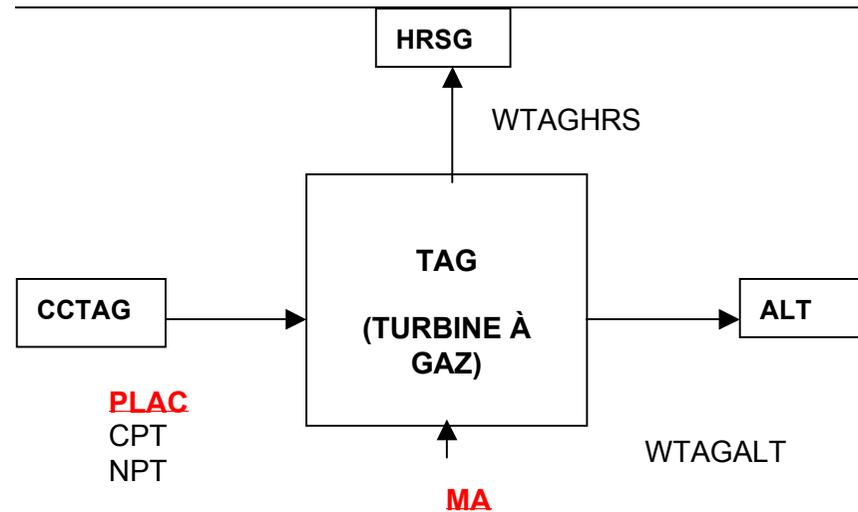
avec  $Kp=6$  et  $Ti=150$

**LA TAG**

**Schéma général**



## La TAG : Schéma bloc



### Entrées / Sorties

Variables d'entrée	Unité	Description
PLAC	Deg	Angle corrigé du levier de commande
MA		<b>(Booléen)</b> Commande de marche / arrêt de la TAG
Variables de sortie	Unité	Description
NPT	tr/mn	Vitesse de rotation de l'arbre de sortie
CPT	N.m	Couple moteur de l'arbre de sortie
WTAGALT	Mw	Puissance de sortie de la TAG vers ALT
WTAGHRSG	Mw	Puissance de sortie de la TAG vers HRSG

## La TAG : Équations

### Type de modélisation

#### Modèle de représentation

Données internes à SITIA (abaques)

#### Le Turbo Compresseur

Calcul du débit de combustible

Calcul du couple moteur de la turbine du turbo compresseur

Calcul de la vitesse de rotation de la turbine du turbo compresseur

Calcul du couple résistant réduit de la turbine du turbo compresseur

Calcul de la pression des gaz de sortie du turbo

Calcul de la température des gaz en sortie du turbo

#### La Turbine de Puissance

Calcul du couple moteur sur l'arbre de sortie

Calcul de la vitesse de rotation arbre de sortie

Calcul de la puissance mécanique fournie par la TAG à l'alternateur

Calcul de la puissance fournie par la TAG à la chaudière

*En attente d'informations (CAT)*

## Le contrôle / commande de la TAG : Équations

### Type de modélisation

#### Modèle de représentation

*Données internes à SITIA (règles de conduites)*

### Équations

Calcul de l'angle du levier de commande après correction

$$\text{PLAC} = \text{PLAC}(\text{PLA}, \text{NPT}, \text{CPT}, \text{paramètres globaux})$$

## BILAN : DU POINT DE VUE DE LA MODELISATION

### 1. Spécification des processus à étudier dans le cadre du projet ACOTRIS

Le **DCP** est écrit à l'indice **B** (Document de Conception Préliminaire)

- Spécification de l'étude : les éléments et leur contrôle / commande
- Description des processus
  - Schémas blocs
  - Type de modélisations utilisées
  - Liste des entrées / sorties / variables intermédiaires / paramètres
  - Liste des informations attendues

### 2. Modélisation détaillée des processus à étudier dans le cadre du projet ACOTRIS

Le **DCD** est en cours d'écriture (Document de Conception Détaillée)

- Reprend le DCP, avec en plus :
- L'écriture des équations des processus
- L'affectation des paramètres

## Bilan : du point de vue du développement

Stage SITIA & CS SI : Anthony MAYOU de l'École Polytechnique de l'Université de Nantes

\ LOGICIELS PROCESSUS	Matlab / Simulink	Scilab / Scicos	Neptunix 4	Signal	SynDEX	UML / Objecteering
BALLON	X	X				
CONTRÔLE COMMANDE BALLON	X	X				
TAG	X	X				
CONTRÔLE COMMANDE TAG	X	X				
DEGAZEUR						
CONTRÔLE COMMANDE DEG						

Le **CVI** est écrit, pour le statique ; pour le dynamique, d'autres simulations sont nécessaires (Cahier de Validation Interne)