

Titre: Stabilisation d'une ligne de transmission AC moyennant la mise en parallèle d'un lien AC-DC-AC
Title: parallel AC-DC-AC link for AC transmission line stabilization

Auteurs: Romano M. De Santis
Authors:

Date: 1982

Type: Rapport / Report

Référence: De Santis, R. M. (1982). Stabilisation d'une ligne de transmission AC moyennant la mise en parallèle d'un lien AC-DC-AC. (Rapport technique n° EP-R-82-02).
Citation: <https://publications.polymtl.ca/5988/>

Document en libre accès dans PolyPublie

Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/5988/>
PolyPublie URL:

Version: Version officielle de l'éditeur / Published version

Conditions d'utilisation: Tous droits réservés / All rights reserved
Terms of Use:

Document publié chez l'éditeur officiel

Document issued by the official publisher

Institution: École Polytechnique de Montréal

Numéro de rapport: EP-R-82-02
Report number:

URL officiel:
Official URL:

Mention légale:
Legal notice:



DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

SECTION AUTOMATIQUE

Technical Report EP-82-E-2

Classification: Library of Congress no ...

STABILISATION D'UNE LIGNE
DE TRANSMISSION AC MOYENNANT
LA MISE EN PARALLELE
D'UN LIEN AC-DC-AC

par
Romano M. De Santis

Mars 1982

Ecole Polytechnique de Montréal

CA2PQ
UP 5
R82-02
ex.2

Campus de l'Université
de Montréal
Case postale 6079
Succursale 'A'
Montréal, Québec
H3C 3A7

ECOLE POLYTECHNIQUE BIBLIOTHEQUE

ECOLE POLYTECHNIQUE BIBLIOTHEQUE

RECHERCHE SUR LA STABILISATION
DE TRANSMISSIONS DE MACHINES

PAR
JACQUES GOURGÉ

Thèse de Doctorat ès Sciences Techniques

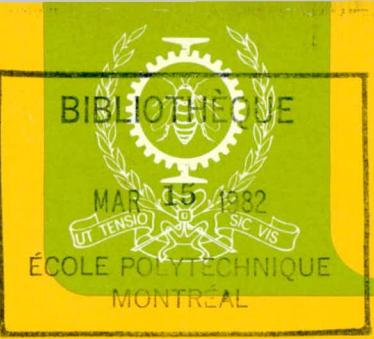
Classification : Théorie de l'organisation des systèmes

STABILISATION D'UNE LIGNE
DE TRANSMISSION DE MACHINES
LA MISE EN PRACTIQUE
D'UNE LIEN AC-DG-VG

par

Roland H. De Segura

Paris 1961



DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

SECTION AUTOMATIQUE

Technical Report EP-82-E-2

Classification: Library of Congress no ...

STABILISATION D'UNE LIGNE
DE TRANSMISSION AC MOYENNANT
LA MISE EN PARALLELE
D'UN LIEN AC-DC-AC

par

Romano M. De Santis

Mars 1982

Ecole Polytechnique de Montréal

CA2PQ
UP 5
R82-02
ex.2

Campus de l'Université
de Montréal
Case postale 6079
Succursale A'
Montréal, Québec
H3C 3A7

TABLE DES MATIERES

BIBLIOTHÈQUE

MAR 15 1982

ÉCOLE POLYTECHNIQUE
MONTREAL

Sommaire	1.
1. Introduction	2.
2. Analyse avec un Modèle Simplifié	2.
3. Un Exemple Numérique	8.
4. Un modèle plus Complexe	10.
Références	14.
Liste des figures	15.

CA2PQ
UP 5
RB2-D2
er. 2

48-035-179

REMERCIEMENTS

Ce rapport a été rédigé dans le cadre de la documentation du cours 3.664, "Analyse, gestion et commande en temps réel". Son contenu a bénéficié des activités de recherche développées par l'auteur dans le cadre du projet FCAC-CRP-378-76, financé par le ministère de l'Education du Québec.

Don

STABILISATION D'UNE LIGNE DE TRANSMISSION AC MOYENNANT
LA MISE EN PARALLELE D'UN LIEN AC-DC-AC

Romano M. De Santis

0. Sommaire

Ce rapport analyse l'amélioration du comportement dynamique (tenue en fréquence) qui peut être obtenue par la mise en parallèle d'un lien AE-DC-AC dans un système de deux centrales interconnectées au moyen d'une ligne de transmission AC. L'analyse est basée sur un modèle linéaire simplifié et repose sur les techniques de la fonction de transfert, lieu des racines et réponse fréquentielle.

1. Introduction

Le système en étude est constitué de deux réseaux interconnectés au moyen d'une ligne de transmission AC en parallèle avec un lien AC-DC-AC (figure 1). Les deux réseaux, C1 et C2, échangent entre eux une certaine puissance; une partie de cette puissance \tilde{P} , est échangée en utilisant la ligne de transmission AC; une autre partie, \bar{P} , est transportée sur le lien AC-DC-AC. La transmission AC-DC-AC s'effectue en trois étapes:

- la tension alternative fournie aux bornes de C1 est redressée moyennant un redresseur à tyristors;
- la tension continue fournie par le redresseur voyage sur la ligne de transmission DC;
- la tension continue se présente à l'entrée d'un convertisseur à tyristors qui la convertit en tension alternative disponible pour utilisation dans C2.

Les rôles joués par le redresseur et le convertisseur peuvent en général être inversés; le transport d'énergie DC peut alors s'effectuer dans les deux directions.

La mise en parallèle d'un lien AC-DC-AC offre entre autres avantages la possibilité de moduler d'une façon relativement simple et rapide la puissance échangée entre les deux réseaux. Dans ce qui suit nous allons discuter les modalités suivant lesquelles cette possibilité peut être exploitée pour améliorer la stabilité dynamique du système global.

2. Analyse avec un Modèle Simplifié

La figure 2 représente un modèle simplifié du système à la figure 1 (Uhlman [1]). Les symboles utilisés dans cette figure ont la signification suivante:

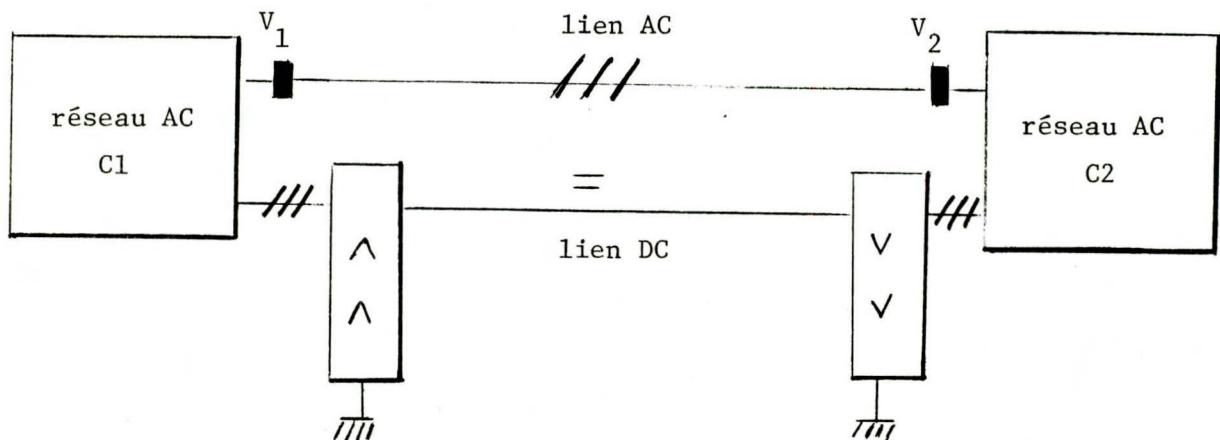


Figure 1: Deux réseaux interconnectés moyennant un lien AC en parallèle avec un lien DC.

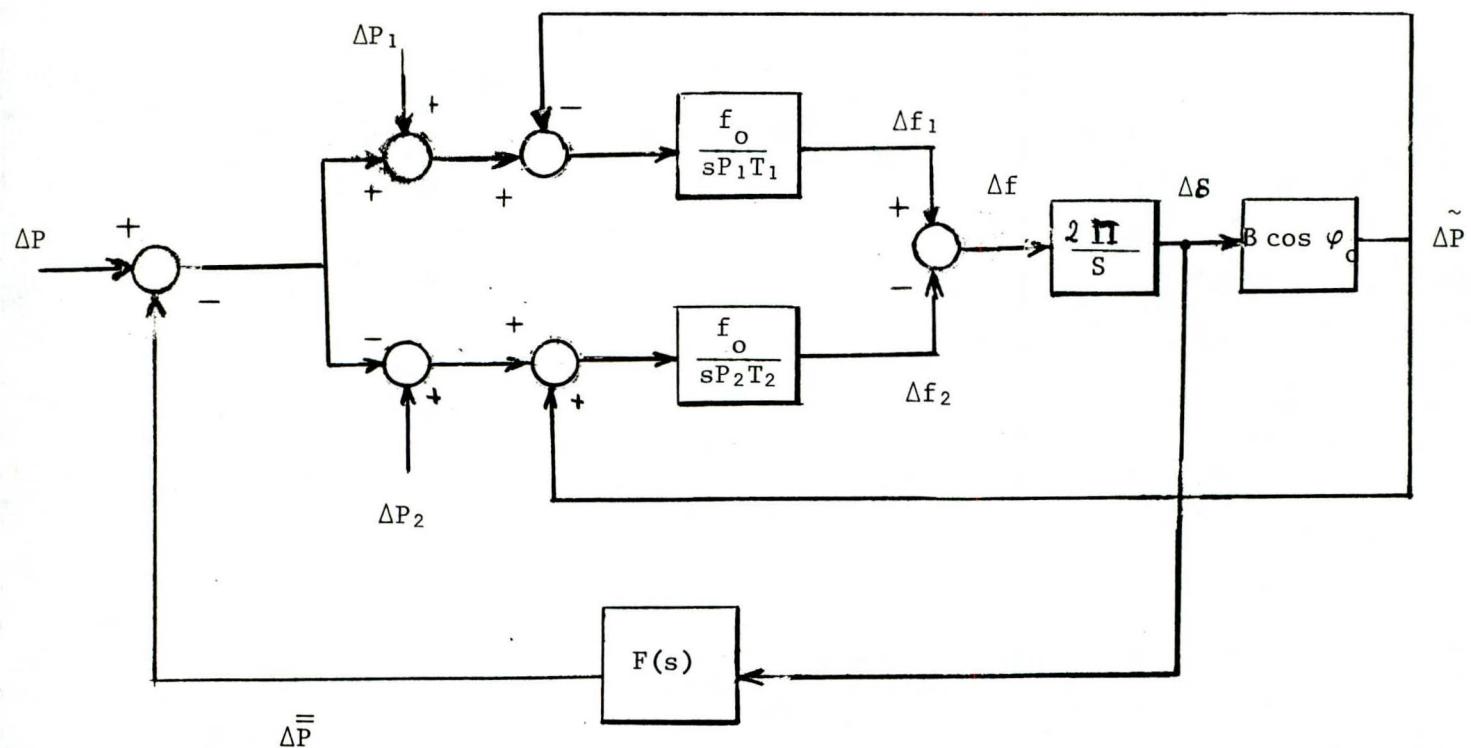


Figure 2: Diagramme fonctionnel du modèle simplifié

ΔP	variation de la puissance transmise sur le lien AC, dûe à la perte d'une ligne
ΔP_i	variation de la charge locale appliquée au réseau C_i
$\tilde{\Delta P}$	variation de la puissance transmise sur le lien AC dûe à une variation de la phase entre V_1 et V_2
Δf_i	variation de la fréquence dans le réseau i (c/s)
V_i	tension fournie par le réseau i
X	impédance associée avec la ligne de transmission AC
P_i	puissance nominale du réseau i
T_i	constante d'accélération associée avec le réseau C_i
f_o	fréquence nominale du réseau
φ_o	déphasage entre V_1 et V_2
$\bar{\bar{\Delta P}}$	variation de la puissance transmise sur le lien DC afin de contrebalancer les effets de ΔP et ΔP_i
$\Delta f, \Delta \delta$	variation de f_o et φ_o

Il s'agit d'un modèle simplifié puisque il est basé sur les hypothèses suivantes:

- il n'y a pas de pertes sur les lignes de transmission
- la présence de couples d'amortissement est négligeable; la charge est indépendante de la fréquence

- les tensions V_1 et V_2 ne sont pas influencées par la puissance transmise
- les régulateurs fréquence-puissance n'ont pas le temps d'entrer en action durant la transitoire en étude.

Afin de simplifier au maximum le développement de notre discussion, nous supposerons $\Delta P_i = 0$. Les relations suivantes décriront alors le comportement transitoire du système face à la présence d'un ΔP :

$$\frac{\Delta f}{\Delta P} (s) = \frac{f_o}{W} \frac{s}{s^2 + \frac{f_o}{W} B \cos \varphi_o} \quad (1)$$

$$\frac{\Delta \delta}{\Delta P} (s) = \frac{2\pi f_o}{W} \frac{1}{s^2 + \frac{f_o}{W} B \cos \varphi_o} \quad (2)$$

ou:

$$W = \frac{(P_1 T_1) (P_2 T_2)}{P_1 T_1 + P_2 T_2}$$

$$B = 2\pi \frac{V_1 V_2}{X}$$

Ces fonctions de transfert nous montrent que la présence d'un ΔP engendre des oscillations sinusoïdale, non amorties de Δf et $\Delta \delta$ avec fréquence

$$\frac{W}{N} = \frac{f_o}{W} B \cos \varphi_o$$

Les oscillations peuvent être amorties en modulant $\bar{\bar{\Delta P}}$ en fonction de $\Delta \delta$. La stratégie de modulation est décrite par la fonction de transfert $F(s)$ (voir figure 3). Il est utile de considérer les cas suivants.

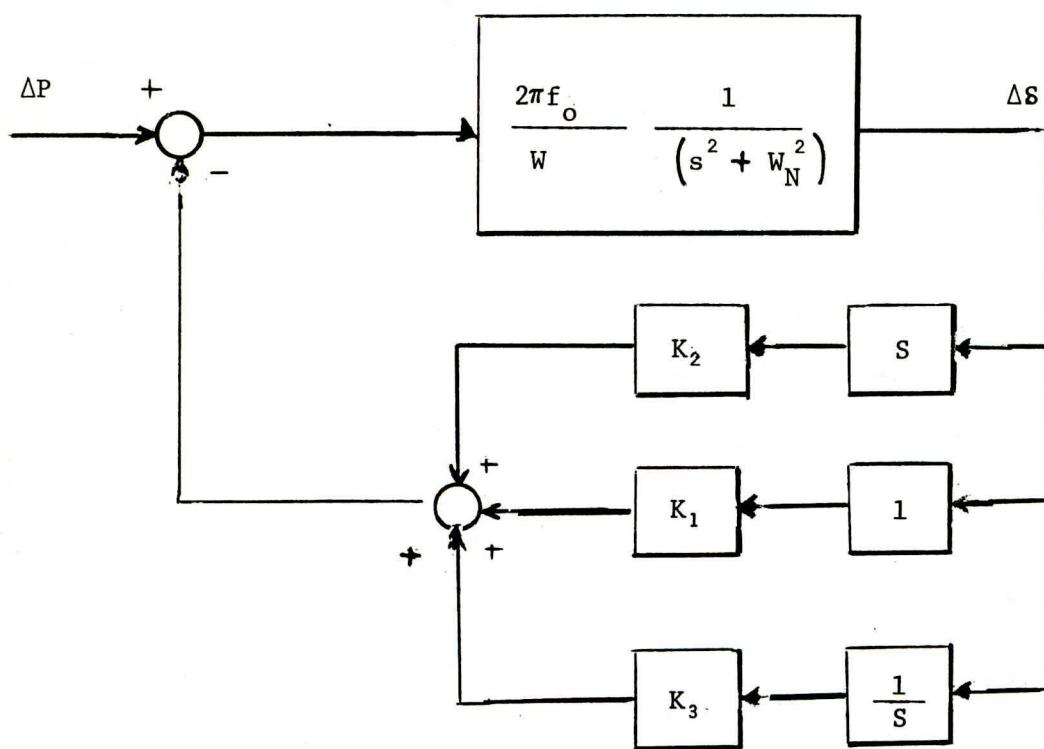


Figure 3: Structure PID pour la modulation de ΔP

a) $F(s) = K$ (stratégie de modulation proportionnelle). La figure 3a) montre la localisation des pôles du système en fonction du paramètre K . De toute évidence cette stratégie n'améliore pas le comportement dynamique du système.

b) $F(s) = K(1 + \tau s)$ (Stratégie Proportionnelle + Dérivée)

La figure b) montre que, moyennant un choix judicieux de K et τ il est possible d'améliorer de façon dramatique le comportement dynamique du système.

c) $F(s) = K \frac{(s + Z_1)(s + Z_2)}{s}$ (Stratégie Proportionnelle + Dérivée + Intégrale)

Le lieu des racines à la figure 4c) montre qu'il est encore une fois possible de choisir K, Z_1 et Z_2 de façon à améliorer le comportement dynamique du système. L'emploi d'une telle stratégie, plus complexe que celle utilisée dans le cas b), présente l'avantage d'annuler l'erreur à régime permanent qui serait engendrée par une variation constante de ΔP sur φ_o et \tilde{P} .

3. Un exemple numérique

Soit

$$P_1 = P_2 = 4000 \text{ MW}$$

$$V_1 = V_2 = 100 \text{ KV}$$

$$T_1 = T_2 = 15 \text{ sec}$$

$$\varphi = 41^\circ$$

$$\tilde{P} = 800 \text{ MW}$$

$$B = 8000 \text{ MW}$$

$$f_o = 50 \text{ c/s}$$

$$B \cos \varphi = 3000 \text{ MW}$$

Il suit

$$W = \frac{(P_1 T_1)(P_2 T_2)}{P_1 T_1 + P_2 T_2} = 30.000 \text{ MW} \times \text{sec}$$

$$\frac{2\pi f_o}{W} = \frac{2\pi \times 50}{30.000} \approx 10^{-2} \text{ rad/}(\text{MW} \times \text{sec})^2$$

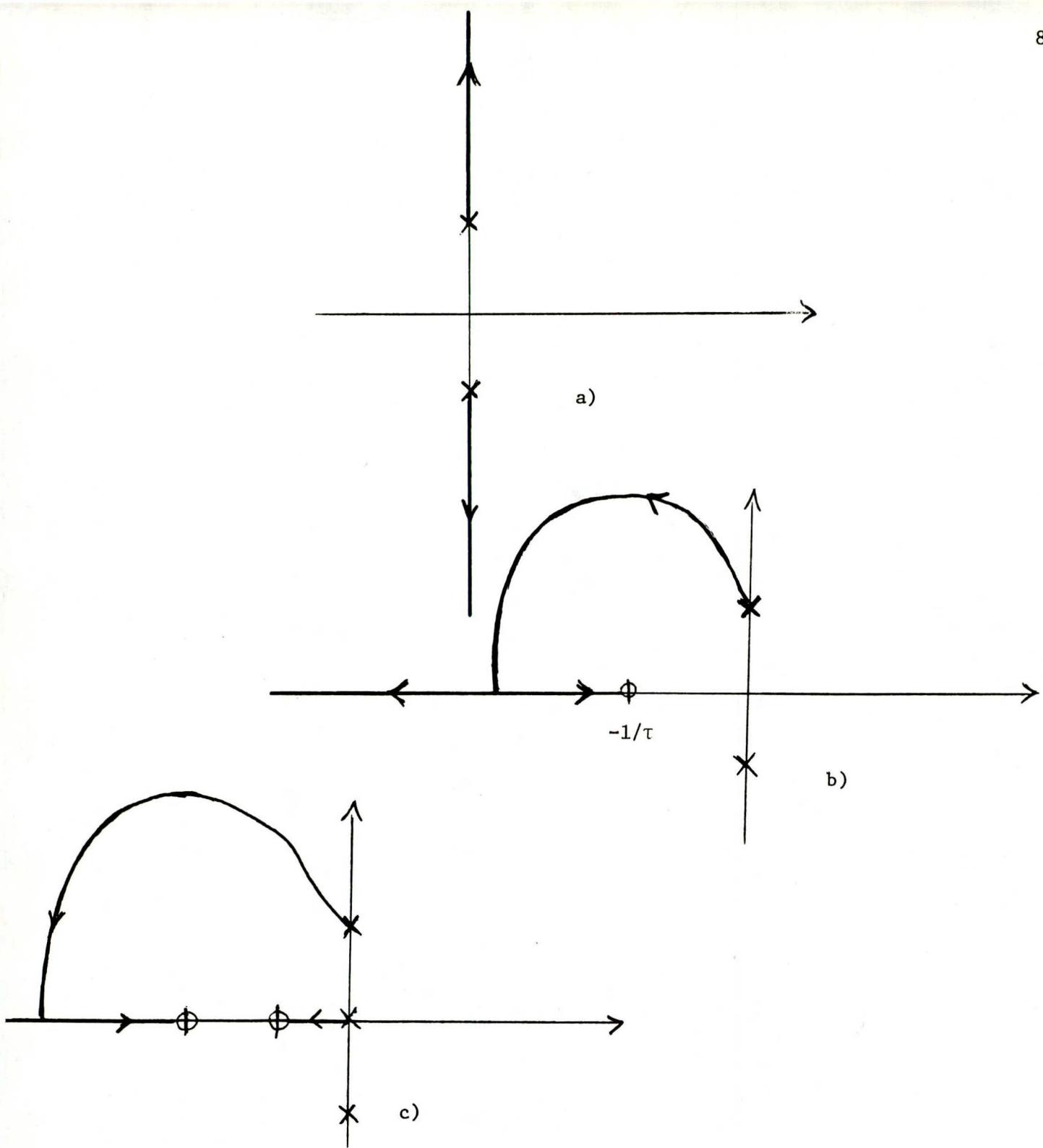


Figure 4: a) Réglage Proportionnel (P); b) Proportionnel + Dérivé (PD);
c) Proportionnel + Dérivé + Intégral (PID).

$$W_n = \frac{50 \times 3.000}{30.000} \approx 2.25 \text{ rad/sec}$$

Les figures 5 et 6 illustrent l'effet des diverses stratégies de modulation de $\bar{\Delta P}$ sur les variations Δf et ΔS produits par une variation constante ΔF .

4. Analyse avec un modèle plus complexe

L'on peut tenir compte de la présence de couples d'amortissement ainsi que de l'action des régulateurs fréquence-puissance en remplaçant le modèle à la figure 1 avec un modèle du type représenté à la figure 7 [2]. L'analyse de l'influence d'une stratégie de modulation de $\bar{\Delta P}$ moyennant les techniques du lieu des racines devient maintenant plus difficile; les phénomènes en jeu sont également plus complexes. Nous nous limiterons à attirer l'attention du lecteur sur le fait que l'analyse peut maintenant être développée en utilisant l'approche illustrée dans [3],[4].

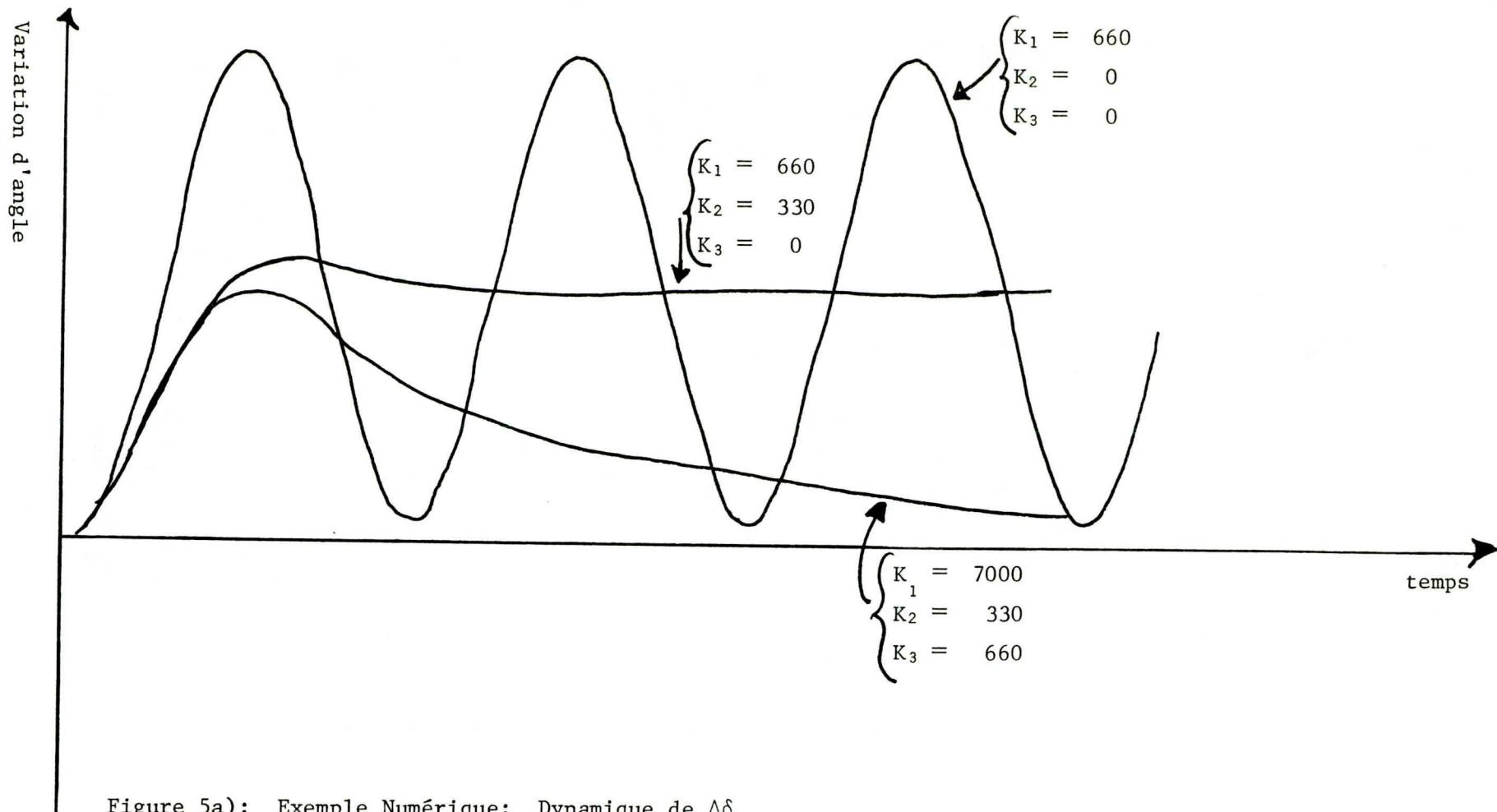


Figure 5a): Exemple Numérique: Dynamique de $\Delta\delta$

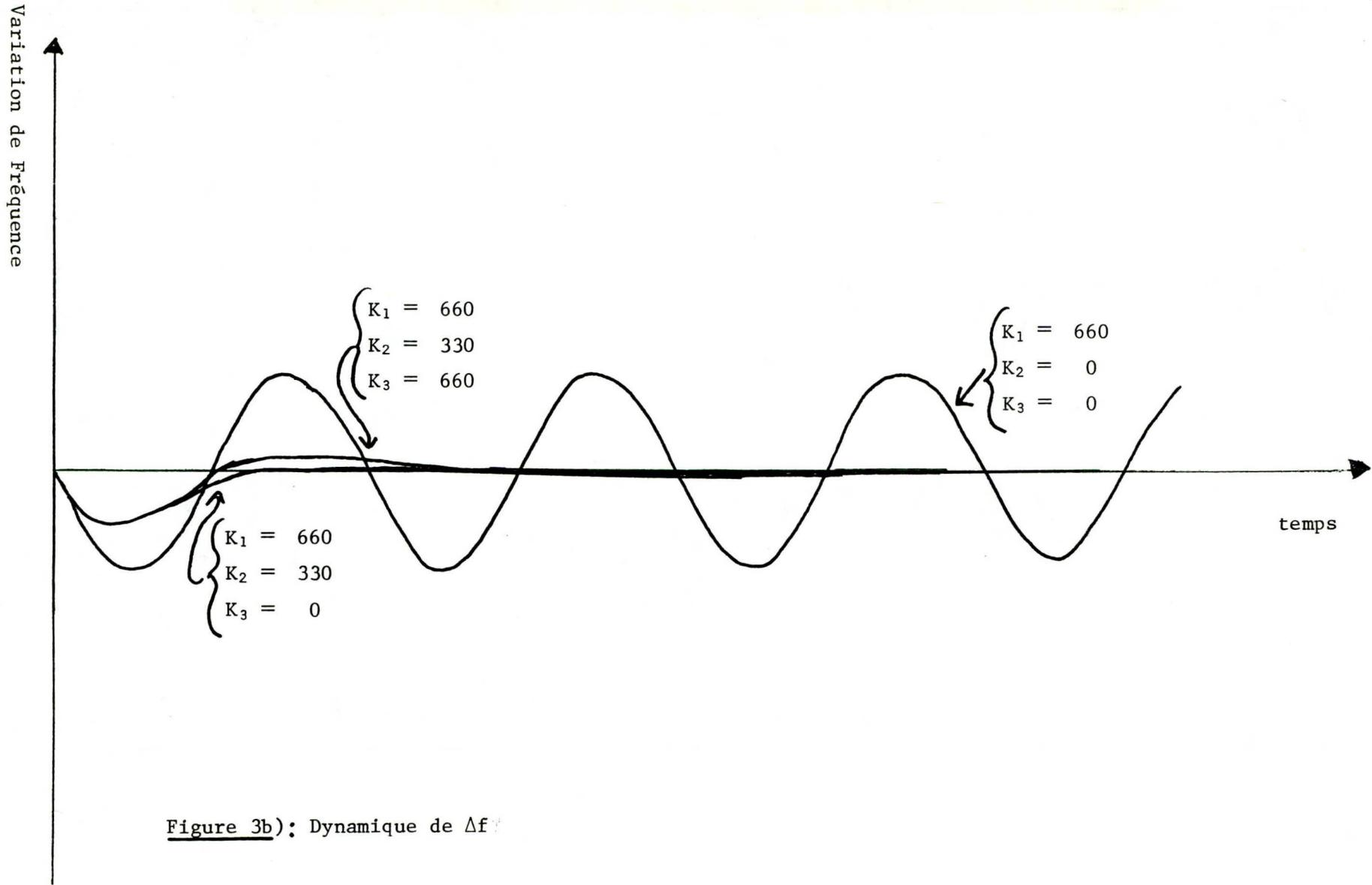


Figure 3b): Dynamique de Δf

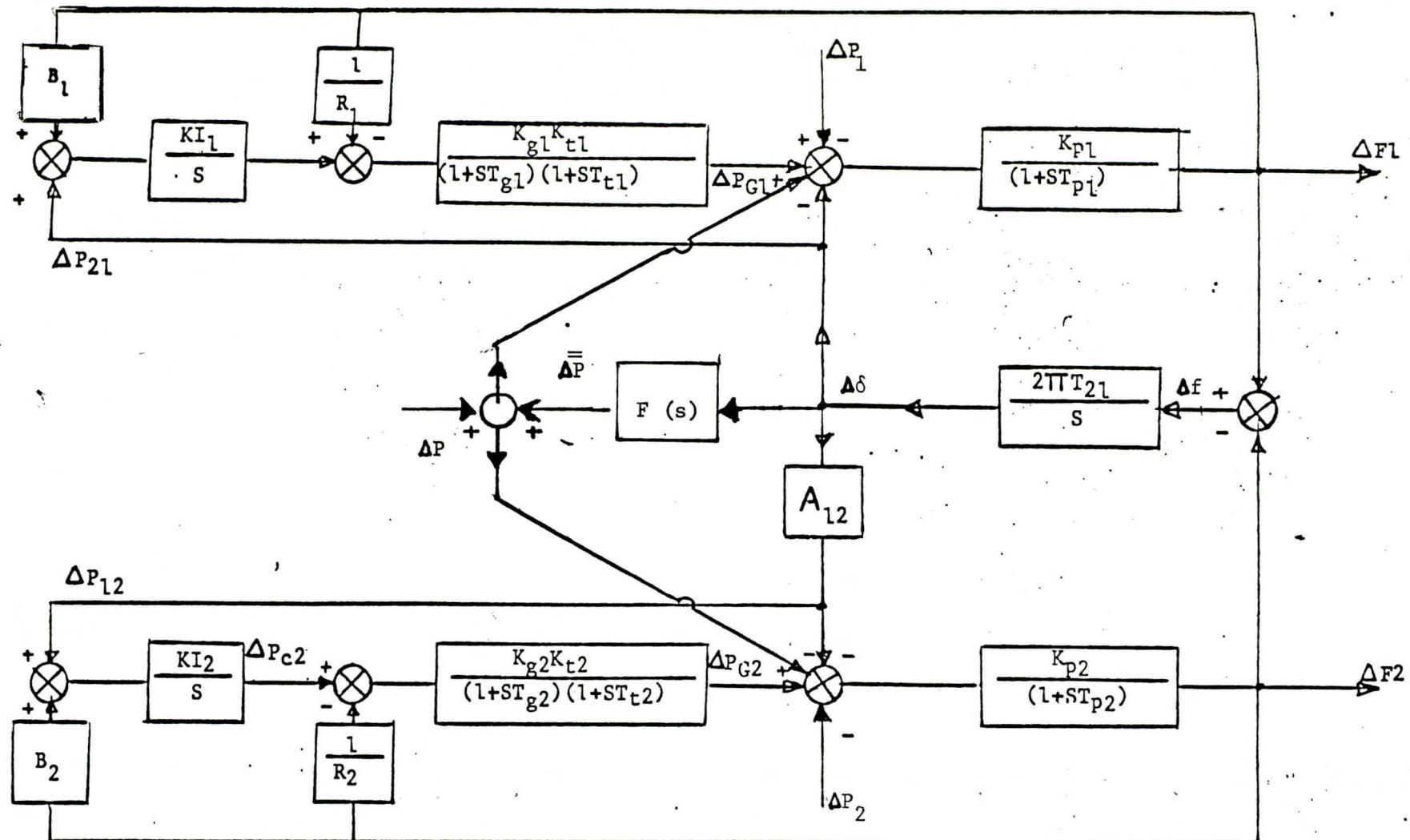


Figure 6: Diagramme fonctionnel d'un modèle plus complexe

REFERENCES

- [1] Uh1mann, E., Stabilisation of an AC Link by a Parallel DC Link, Direct Current, August 1964, pp. 89-94.
- [2] Elgerd, O.I., Electrical Energy Systems Theory: an Introduction, Mc Graw-Hill, 1971.
- [3] De Santis, R.M., Hurteau, R., Bernussou, J., Multivariable Feedback Design via Absolute Invariant Compensator, Proceedings IEEE - ICCC 80, New York, October 1980.

LISTE DES FIGURES

1. Deux réseaux interconnectés moyennant un lien AC en parallèle avec un lien DC.
2. Diagramme fonctionnel du modèle simplifié.
3. Structure PID pour la modulation de $\bar{\bar{P}}$.
4. Lieu des racines: a) réglage proportionnel; b) proportionnel + intégral; c) proportionnel + intégral + dérivé.
5. Exemple unmérique: a) dynamique de $\Delta\delta$; b) dynamique de Δf .
6. Diagramme fonctionnel d'un modèle plus complexe.



CA2PO
UP 5
R82-02
ex.2

138681x

138681x

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



3 9334 002891719

ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE MONTRÉAL



3 9334 00289171 9

CA2PO
UP 5
R82-02
ex.2

138681x

36671

BIBLIOTHEQUE DE POLYTECHNIQUE