

# Table des matières

<b>I</b>	<b>Préambule énergétique</b>	<b>1</b>
1	Situation énergétique mondiale . . . . .	2
2	Prévisions énergétiques pour la France . . . . .	5
3	Réserves mondiales d'énergie . . . . .	6
4	Génération de puissance par turbomachines . . . . .	7
5	Aspects économiques et environnementaux . . . . .	9
6	Annexes . . . . .	11
<b>II</b>	<b>Turbomachines de récupération d'énergie</b>	<b>13</b>
1	Turbomachines pour l'énergie solaire . . . . .	13
2	Turbomachines pour l'énergie éolienne . . . . .	16
3	Turbomachines pour l'énergie hydraulique . . . . .	29
4	Turbomachines pour la biomasse . . . . .	30
5	Turbomachines pour la géothermie . . . . .	31
6	Récupération d'énergie sur un moteur Diesel . . . . .	33
7	Turbomachines pour la filière bois-énergie . . . . .	34
<b>III</b>	<b>Compresseurs multiétages</b>	<b>35</b>
1	Caractéristiques d'un étage de compresseur . . . . .	35
2	Caractéristiques d'un compresseur multiétages . . . . .	38
3	Décollement tournant . . . . .	43
4	Pompage . . . . .	45
<b>IV</b>	<b>Turbines multiétages</b>	<b>49</b>
1	Turbine à action à vapeur multicellulaire . . . . .	49
2	Turbines multicellulaires à réaction . . . . .	62
3	Turbine à plusieurs corps . . . . .	66
4	Turbines à fluide non condensable . . . . .	66
5	Caractéristiques pression-débit . . . . .	67
<b>V</b>	<b>Cycles à vapeur d'eau (turbines à vapeur)</b>	<b>71</b>
1	Notions générales sur les cycles à vapeur . . . . .	71
2	Cycle avec réchauffage de l'eau d'alimentation . . . . .	83
3	Cycle avec resurchauffe . . . . .	91
4	Cycles nucléaires . . . . .	93
5	Condensation de la vapeur . . . . .	97

<b>VI</b>	<b>Réglage des turbines à vapeur</b>	<b>99</b>
1	Organes de réglage d'une turbine à vapeur . . . . .	100
2	Réglage par laminage total . . . . .	100
3	Réglage par injection partielle . . . . .	103
4	Consommation en injection partielle . . . . .	106
5	Réglage par pression glissante . . . . .	108
<b>VII</b>	<b>Turbines à gaz</b>	<b>111</b>
1	Cycle simple . . . . .	112
2	Calcul d'une turbine à gaz au point nominal . . . . .	119
3	Représentation des performances . . . . .	122
4	Particularités de la combustion dans les TAG . . . . .	123
5	Fonctionnement aux charges partielles . . . . .	124
6	Amélioration aux cycles . . . . .	136
<b>VIII</b>	<b>Cycles combinés gaz-vapeur</b>	<b>139</b>
1	Principe d'un cycle combiné . . . . .	139
2	Rendement approché d'un cycle combiné . . . . .	140
3	Analyse thermodynamique . . . . .	140
4	Chaudières de récupération . . . . .	142
5	Performances aux charges partielles . . . . .	146
6	Conclusion . . . . .	147
<b>IX</b>	<b>Cogénération</b>	<b>155</b>
1	Principe des turbines à vapeur à contrepression . . . . .	156
2	Rendement des installations à contrepression . . . . .	157
3	Energie mécanique produite à contrepression . . . . .	159
4	Centrale de chauffage - Chauffage urbain. . . . .	160
5	Réglage des turbines à contrepression . . . . .	160
6	Transformateurs de vapeur . . . . .	161
7	Turbines à soutirage (ou à prélèvement) . . . . .	162
8	Turbines à gaz et cogénération . . . . .	164
<b>X</b>	<b>Turbines à gaz aéronautiques</b>	<b>169</b>
1	Critères de performances . . . . .	169
2	Turboréacteur à un flux . . . . .	178
3	Turboréacteurs à deux flux (ou à dilution) . . . . .	190
4	Post-combustion . . . . .	191
5	Stato-réacteurs . . . . .	193
<b>XI</b>	<b>Régulation des machines</b>	<b>199</b>
1	Notion de système asservi . . . . .	199
2	Asservissements de machines complètes . . . . .	206
3	Transformée de Laplace . . . . .	211
4	Réponses de systèmes du premier ordre . . . . .	212
5	Système général de régulation . . . . .	217
6	Fonction de transfert d'une turbine à gaz . . . . .	223
7	Etude de la précision . . . . .	226

8	Etude de la rapidité de réponse .....	228
9	Etude de la stabilité .....	232
10	Compensation .....	243
11	Phases d'avant-projet d'un système asservi .....	244
<b>XII</b>	<b>Conclusions et Perspectives</b>	<b>249</b>
1	Perspectives en énergies renouvelables .....	249
2	Comparaison des cycles usuels des machines .....	250
3	Centrales perfectionnées de production d'énergie .....	258
4	Turbomachines aéronautiques .....	262
5	Récapitulatif et Conclusion .....	263

### Exemples numériques

Chapitre	Sujet	page
II	Eolienne Darrieus	27
	Choix d'une turbine hydraulique	30
	Récupération d'énergie dans les mers chaudes	32
III	Compresseurs en série	47
IV	Similitude des turbines	68
	Détermination d'un étage d'une turbine multiétages	69
V	Calcul du rendement d'un cycle de turbine à vapeur	77
	Consommation de chaleur et consommation de vapeur	83
	Influence des réchauffages sur le rendement	89
VI	Expression du débit réduit	109
	Turbine à double soutirage	109
VII	Rendement d'une turbine à gaz	116
	Calcul d'une turbine à gaz au point nominal	119
	Charges partielles d'une machine à turbine liée	125
	Charges partielles d'une machine à turbine libre	131
VIII	Rendement approché d'un cycle combiné	140
	Cycle combiné avec calcul de chaudière	148
IX	Consommation d'une turbine à soutirage	165
X	Calcul des performances d'un turboréacteur	182
	Post-combustion	196
XI	Transformée de Laplace	211
	Tracé d'un lieu de Nyquist	239
	Régulation d'une turbine à gaz	245