

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

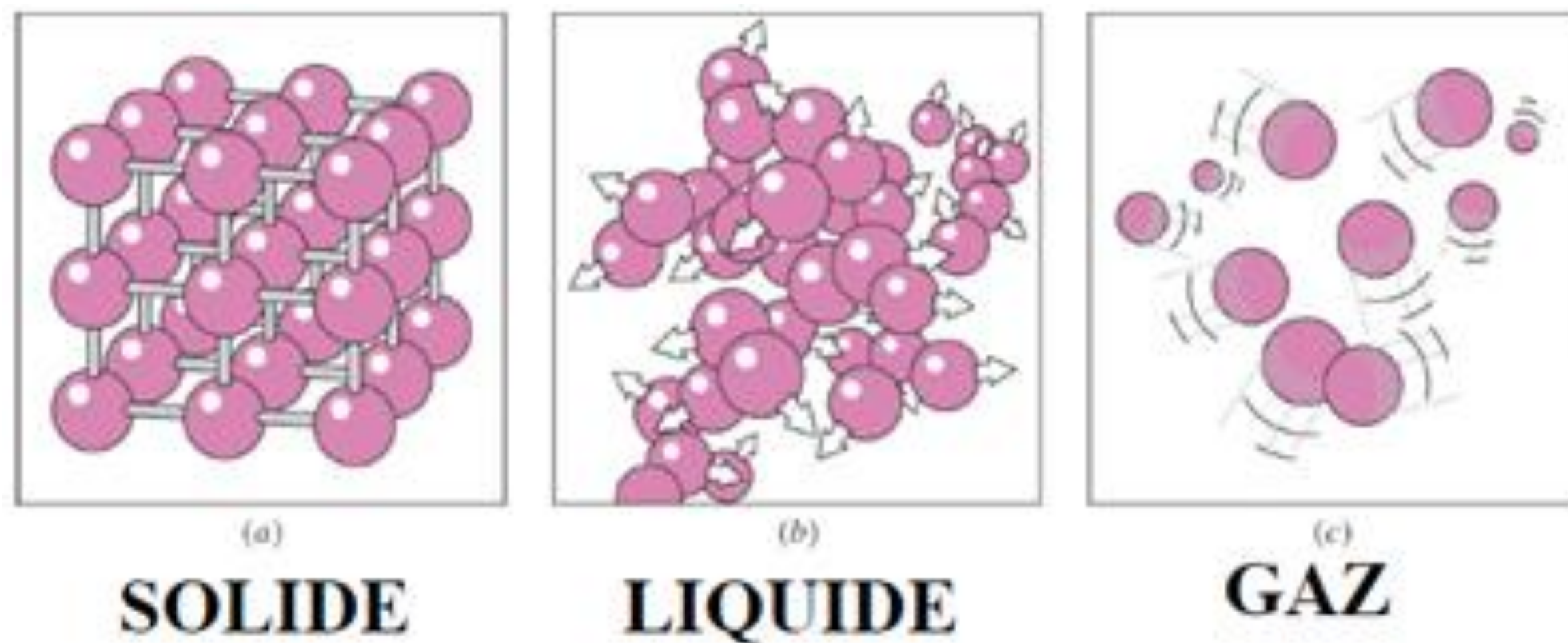
Notion sur les centrales nucléaires.

Rappels sur le changement de phase

Substance Pure

Elle peut exister sous différentes phases

CHANGEMENT DE PHASE LIQUIDE-GAZ



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

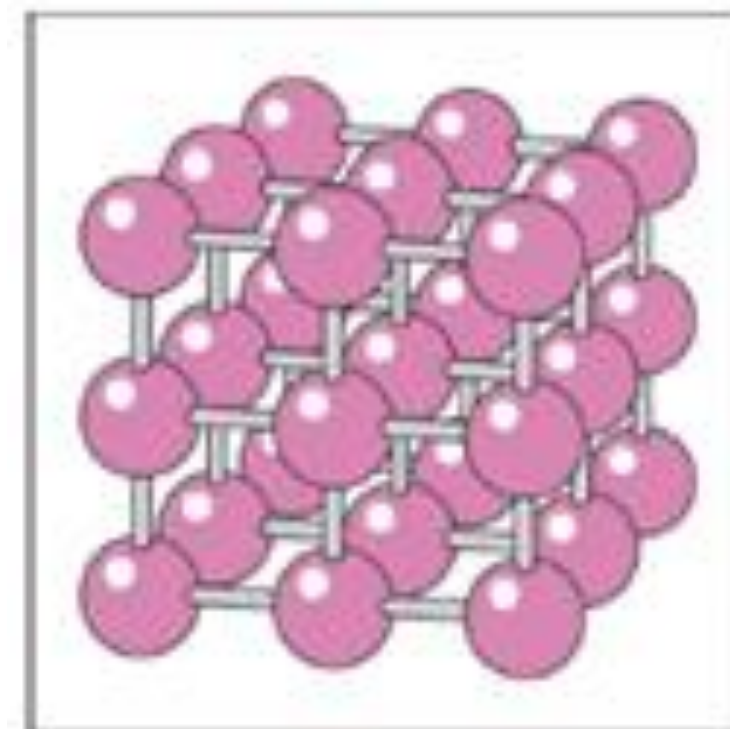
Reminders about phase change



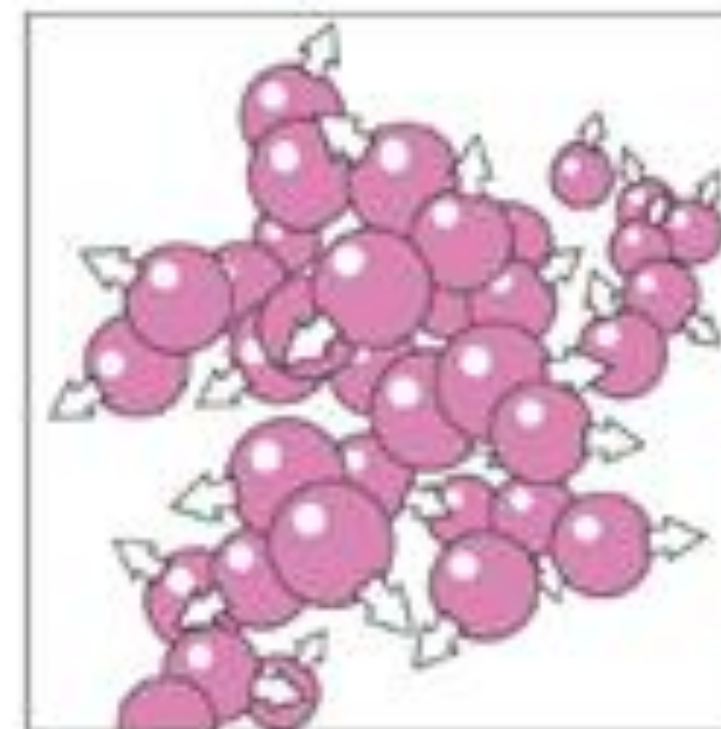
Pure substance

It can exist in different phases

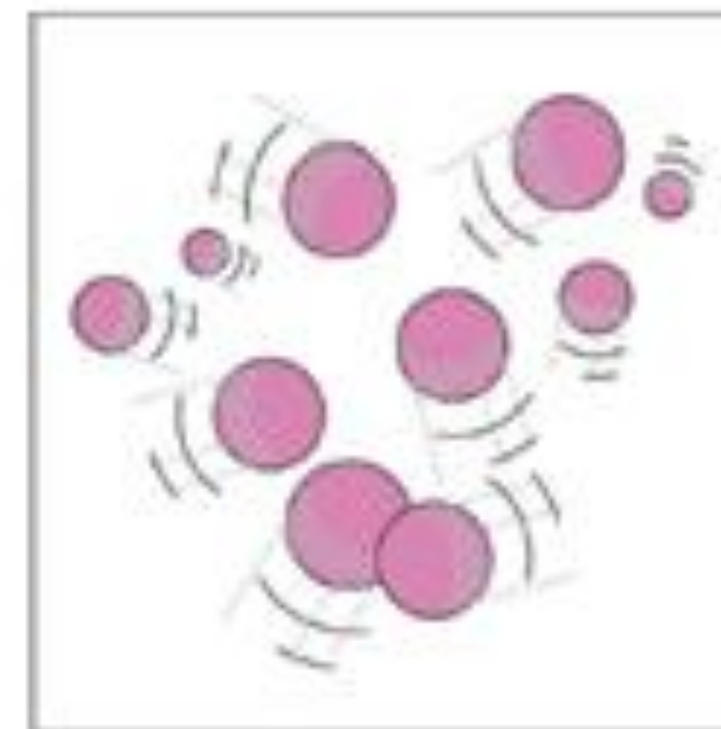
LIQUID-GAS PHASE CHANGE



solid



liquid



gas

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

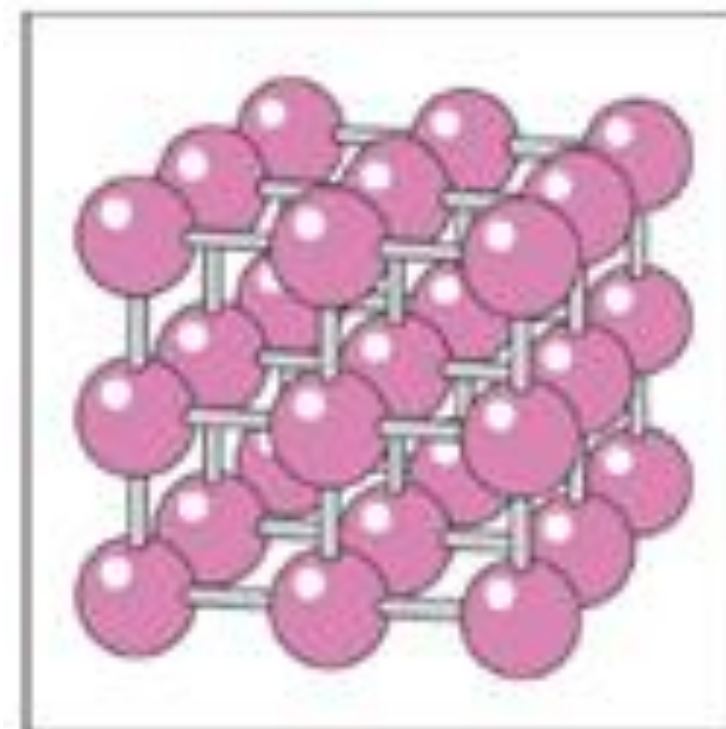
مفاهيم حول المحطات
النوية

تذكيرات حول تغير الحالة

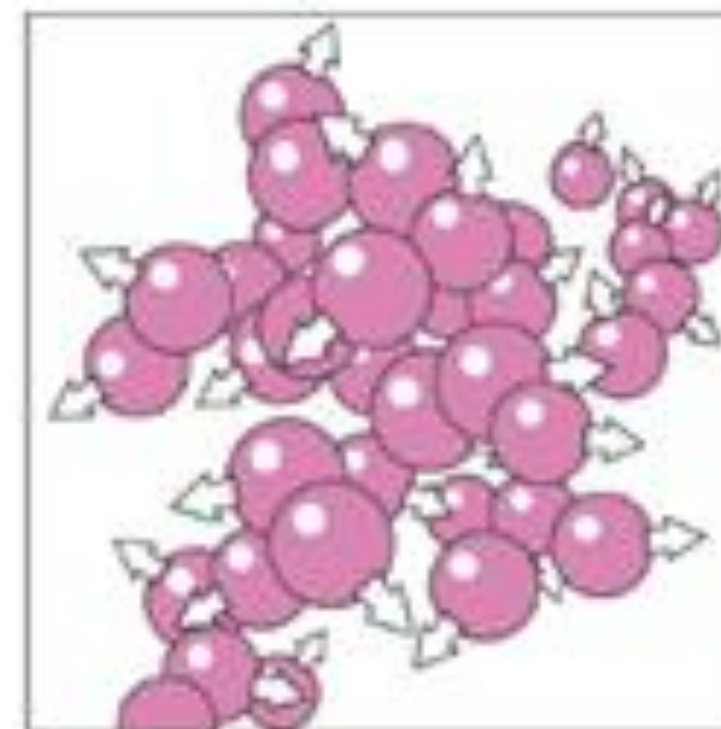
المادة النقية

يمكن أن توجد في مراحل مختلفة

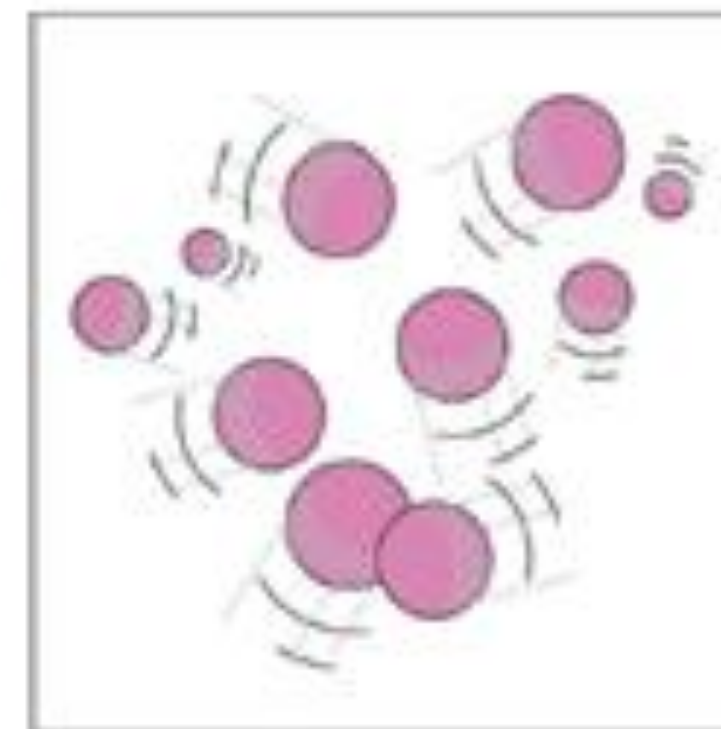
تغير الحالة من السائل إلى الغاز



صلب



سائل



غاز

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

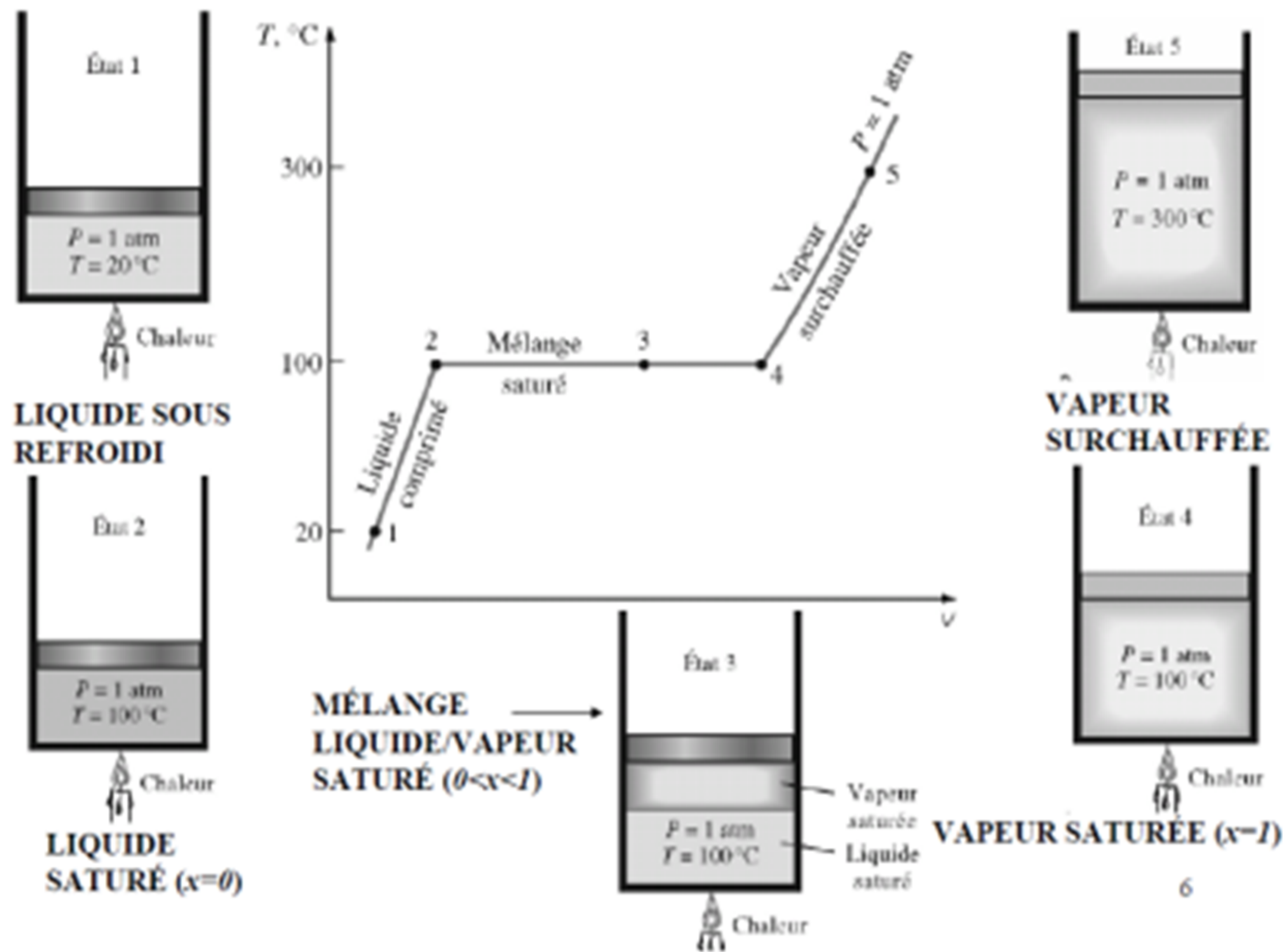
Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

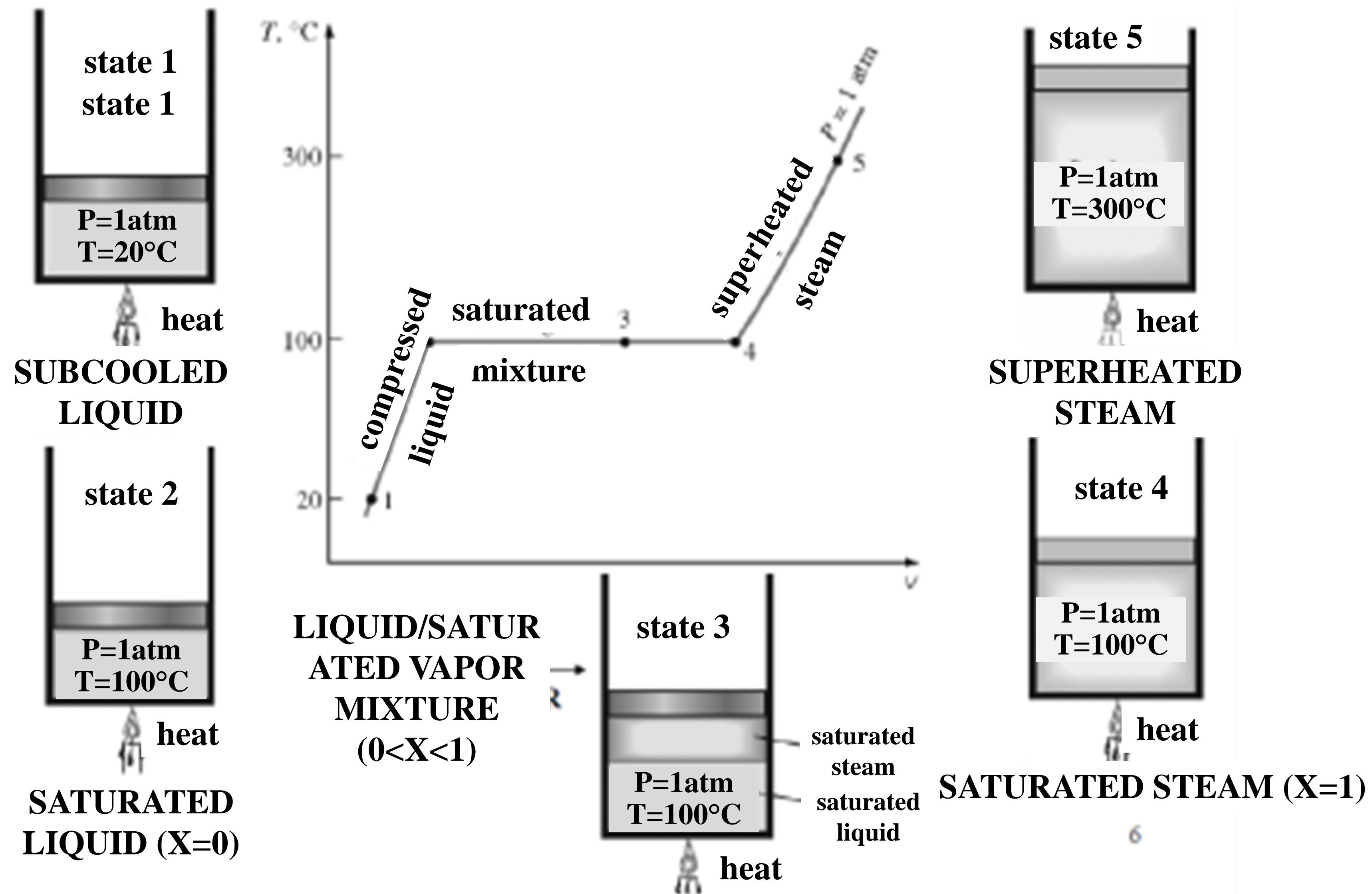
Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة (تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج بخار واحد أو أكثر

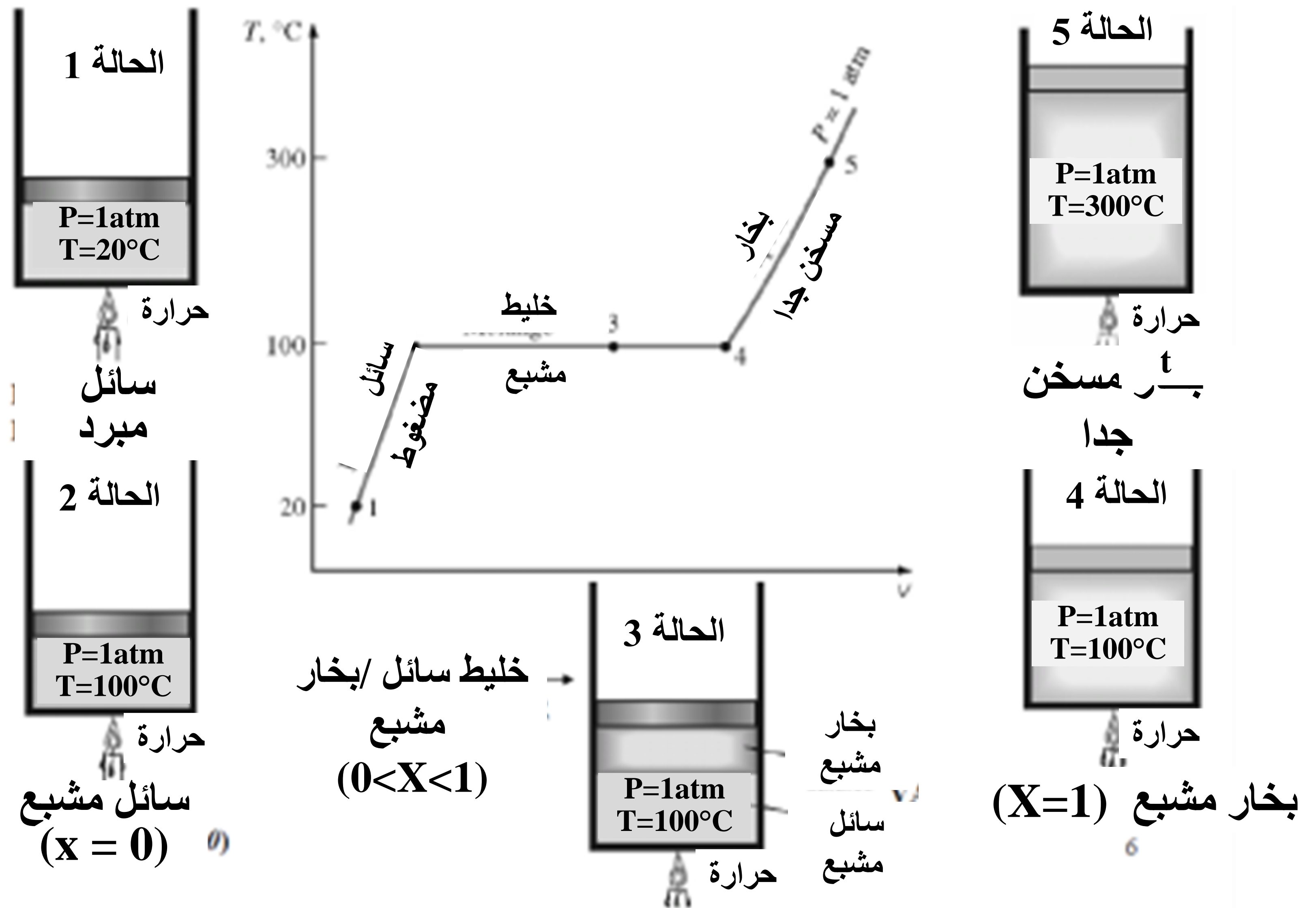
دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية - الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات النووية



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

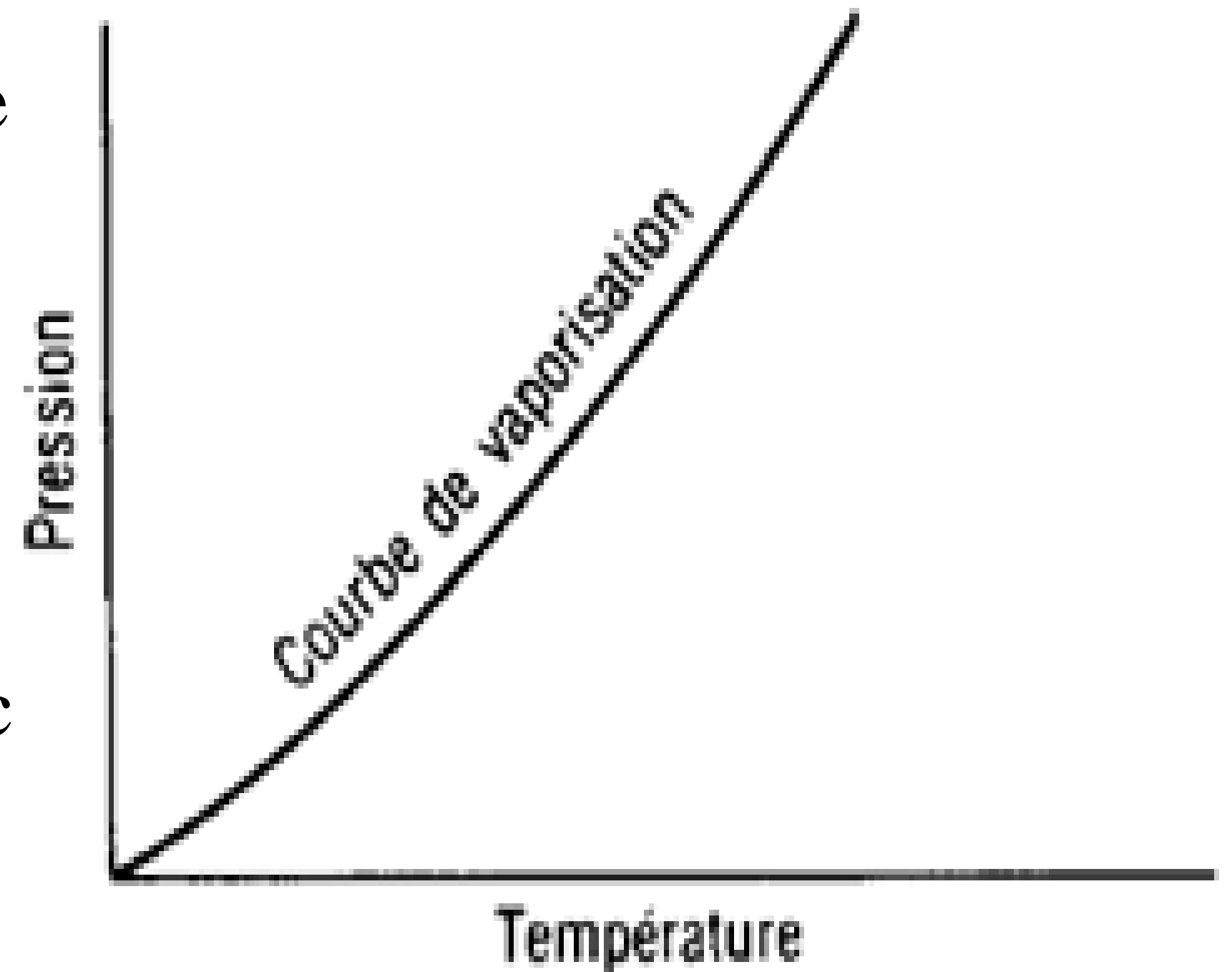
Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Courbe De Vaporisation

On appelle *température de saturation* la température à laquelle la vaporisation se produit pour une pression donnée. Semblablement, cette même pression est appelée *pression de saturation* pour la température donnée. Pression et température de saturation sont donc liées par une relation fonctionnelle, que l'on appelle *courbe de vaporisation*.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

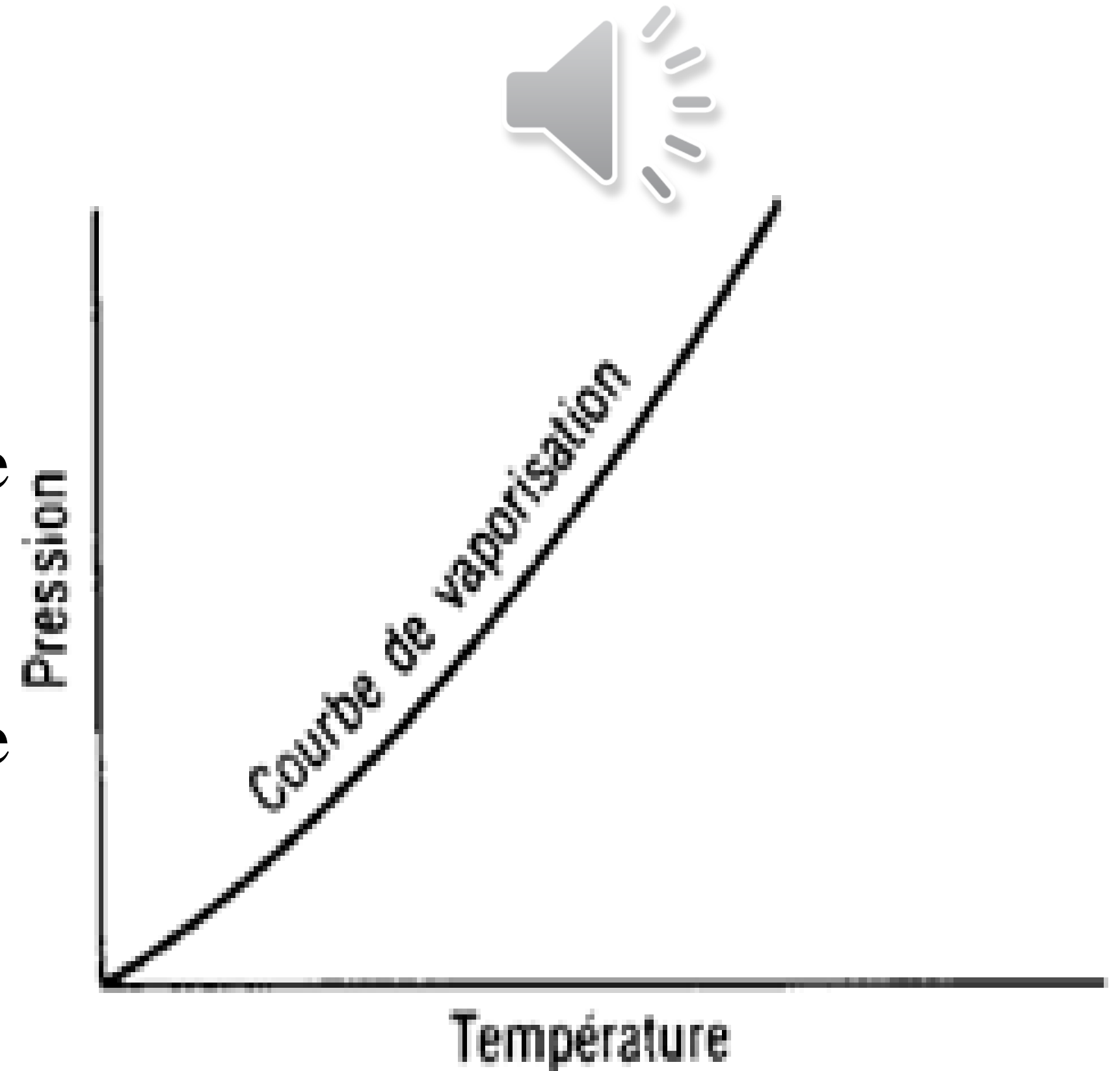
Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Vaporization Curve



The temperature at which vaporization occurs for a given pressure is called the saturation temperature. Similarly, the pressure at the given temperature is called the saturation pressure. Saturation pressure and saturation temperature are thus related by a functional relationship known as the vaporization curve.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

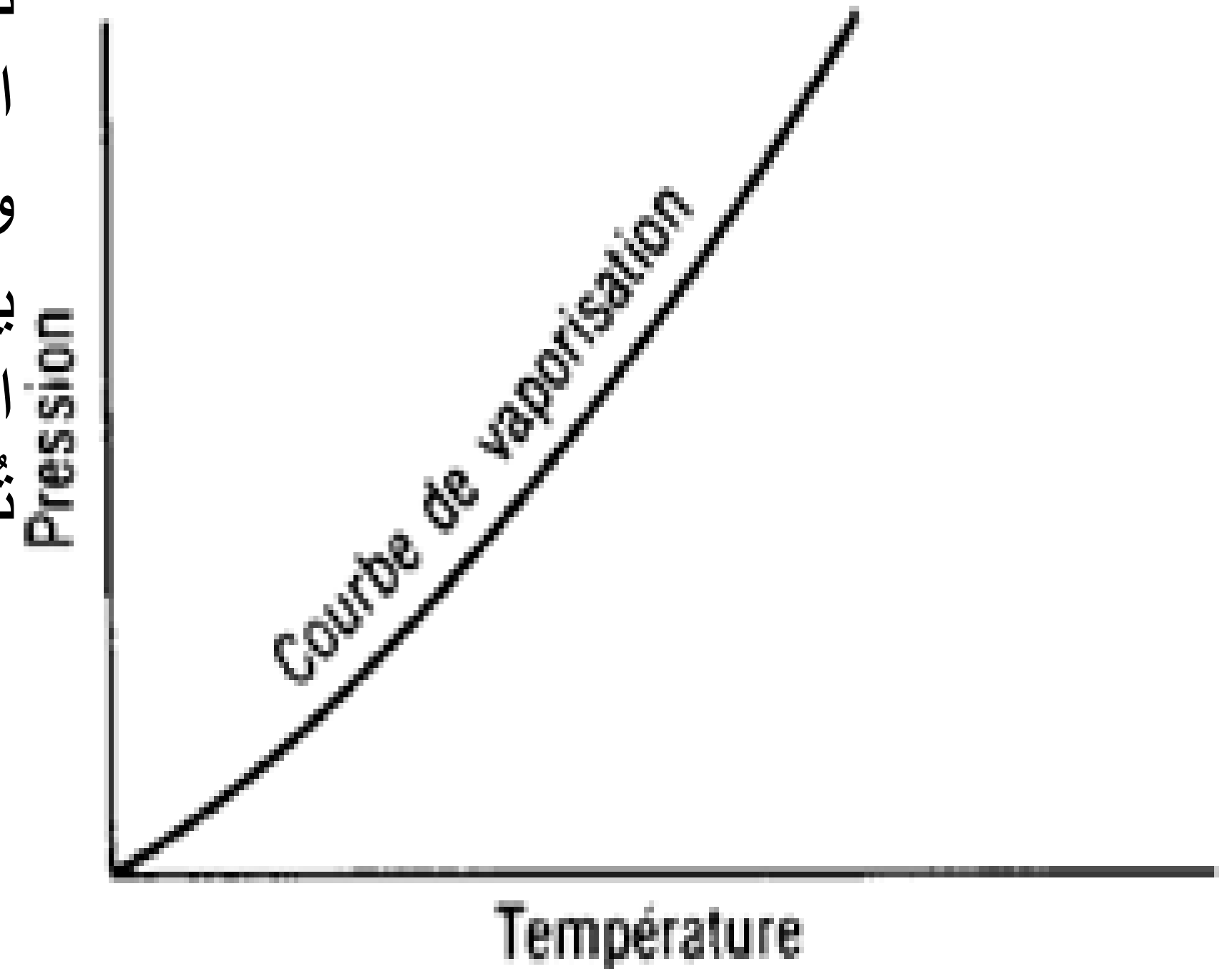
المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

منحنى التبخير

تسمى درجة الحرارة التي يحدث عندها
التبخير لضغط معين درجة حرارة التشبع.
وبالمثل ، فإن الضغط عند درجة حرارة معينة
يسمى ضغط التشبع. وبالتالي ، يرتبط ضغط
التشبع ودرجة حرارة التشبع بعلاقة وظيفية
تُعرف باسم منحنى التبخر.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

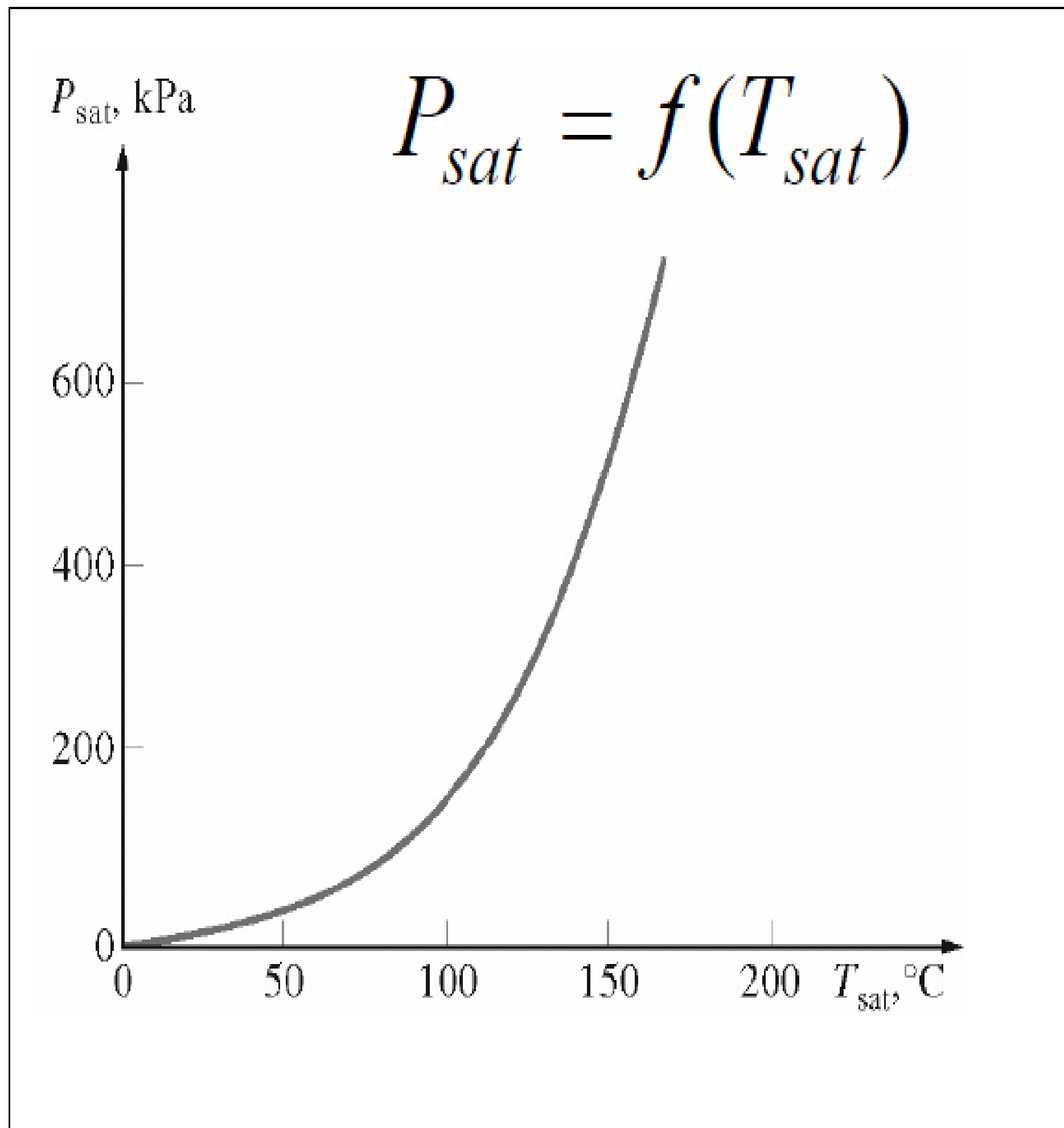
Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.



Pression de saturation de l'eau pour différentes températures

Température (en degrés Celsius)	Pression de saturation (en kilopascals)
-10	0,26
-5	0,40
0	0,61
5	0,87
10	1,23
15	1,71
20	2,34
25	3,17
30	4,25
40	7,39
50	12,35
100	101,4
150	476,2
200	1 555
250	3 976
300	8 588

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

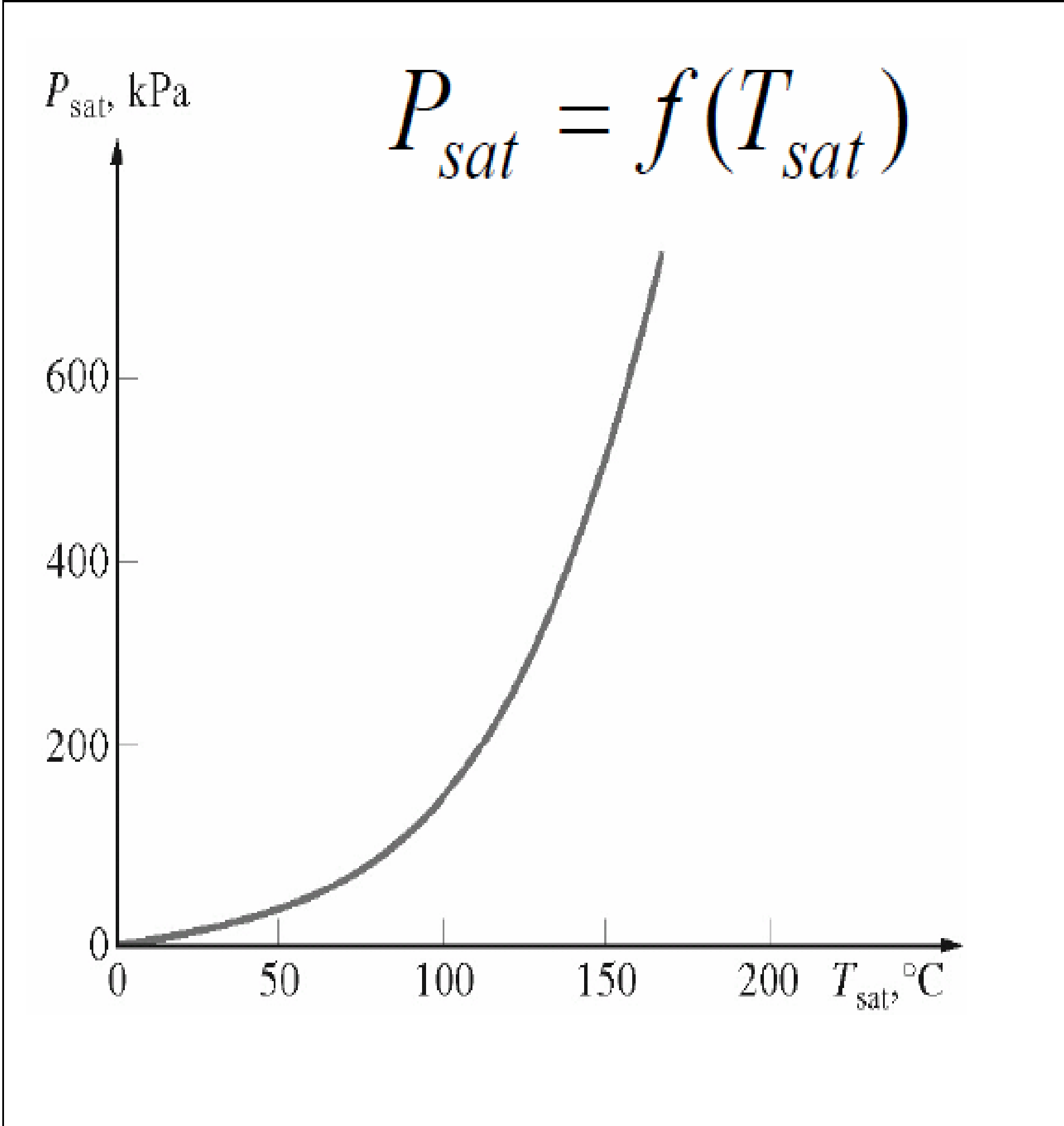
Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants



water saturation pressure for different temperatures

Temperatures in degrees Celsius	Saturation pressure in kilopascals
-10	0,26
-5	0,40
0	0,61
5	0,87
10	1,23
15	1,71
20	2,34
25	3,17
30	4,25
40	7,39
50	12,35
100	101,4
150	476,2
200	1 555
250	3 976
300	8 588

Satu
kilop

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

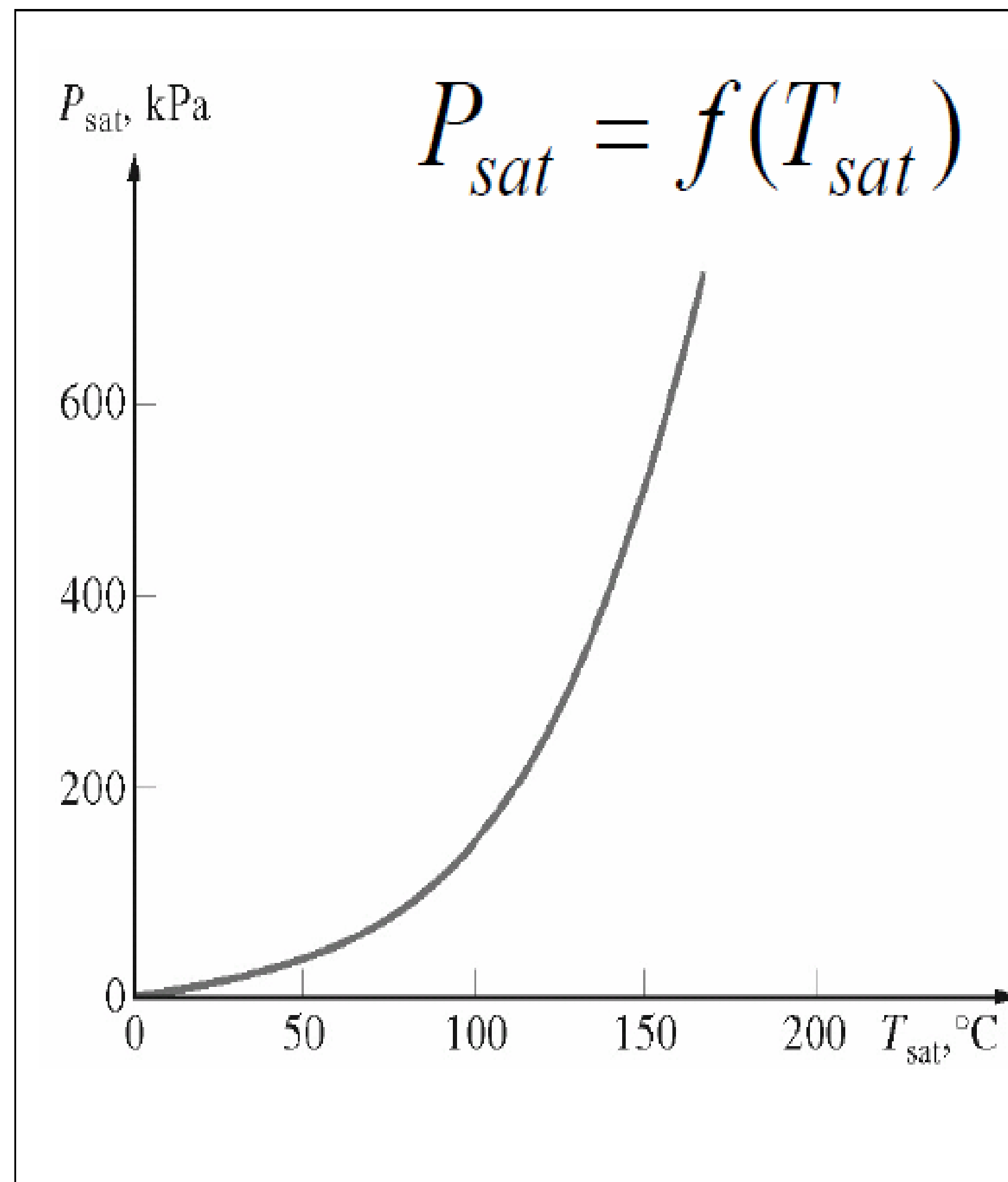
دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية



ضغط تشبع الماء لدرجات حرارة مختلفة

درجات الحرارة بالدرجات المئوية	ضغط التشبع بالكيلوباسكال
-----------------------------------	-----------------------------

-10	0,26
-5	0,40
0	0,61
5	0,87
10	1,23
15	1,71
20	2,34
25	3,17
30	4,25
40	7,39
50	12,35
100	101,4
150	476,2
200	1 555
250	3 976
300	8 588

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Titre de vapeur: x

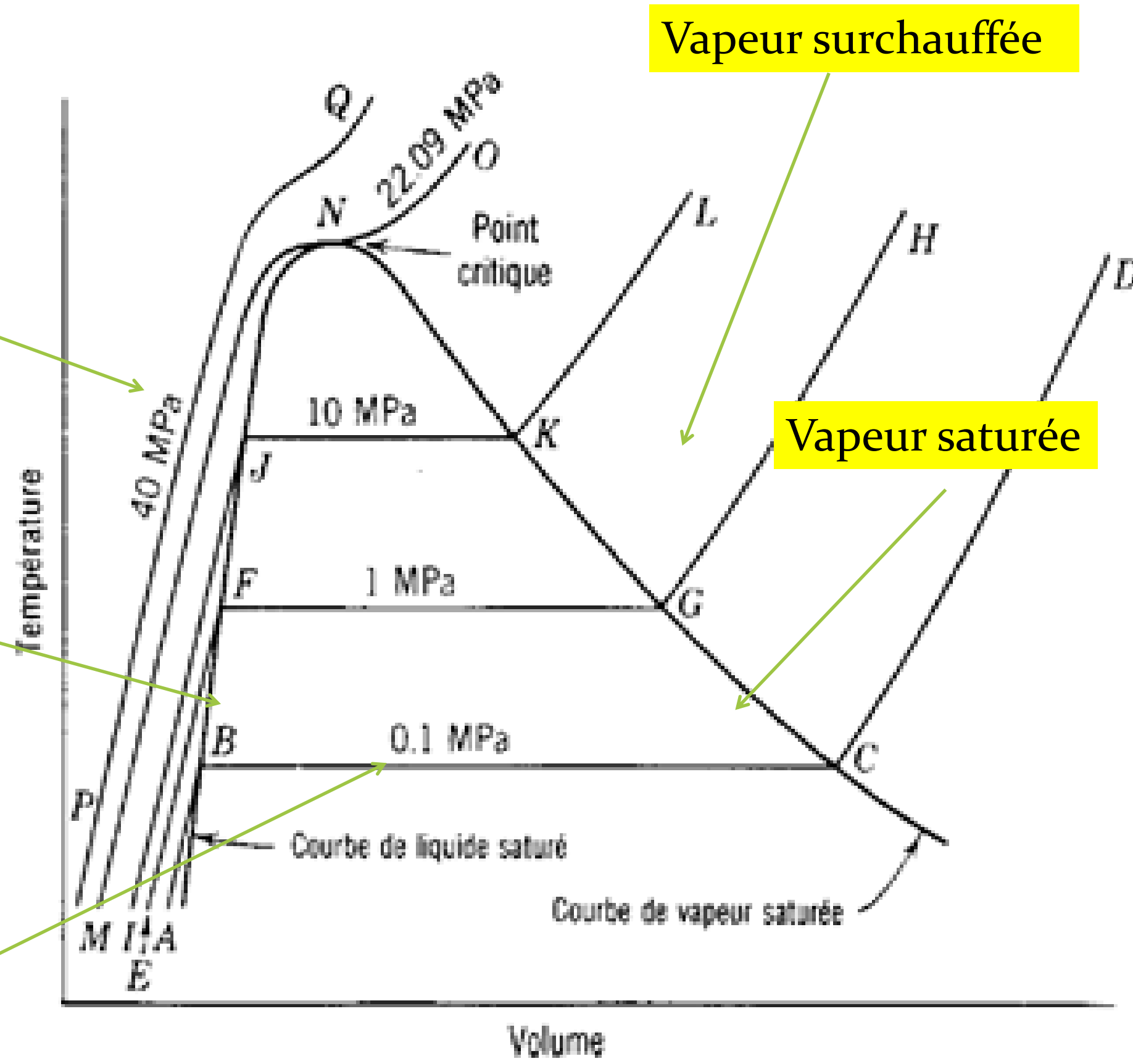
liquide refroidi ou comprimé.

liquide saturé

liquide +vapeur

Vapeur surchauffée

Vapeur saturée



$x = \text{masse(vapeur)} / \text{masse (vapeur+liquide)}.$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Steam title: x

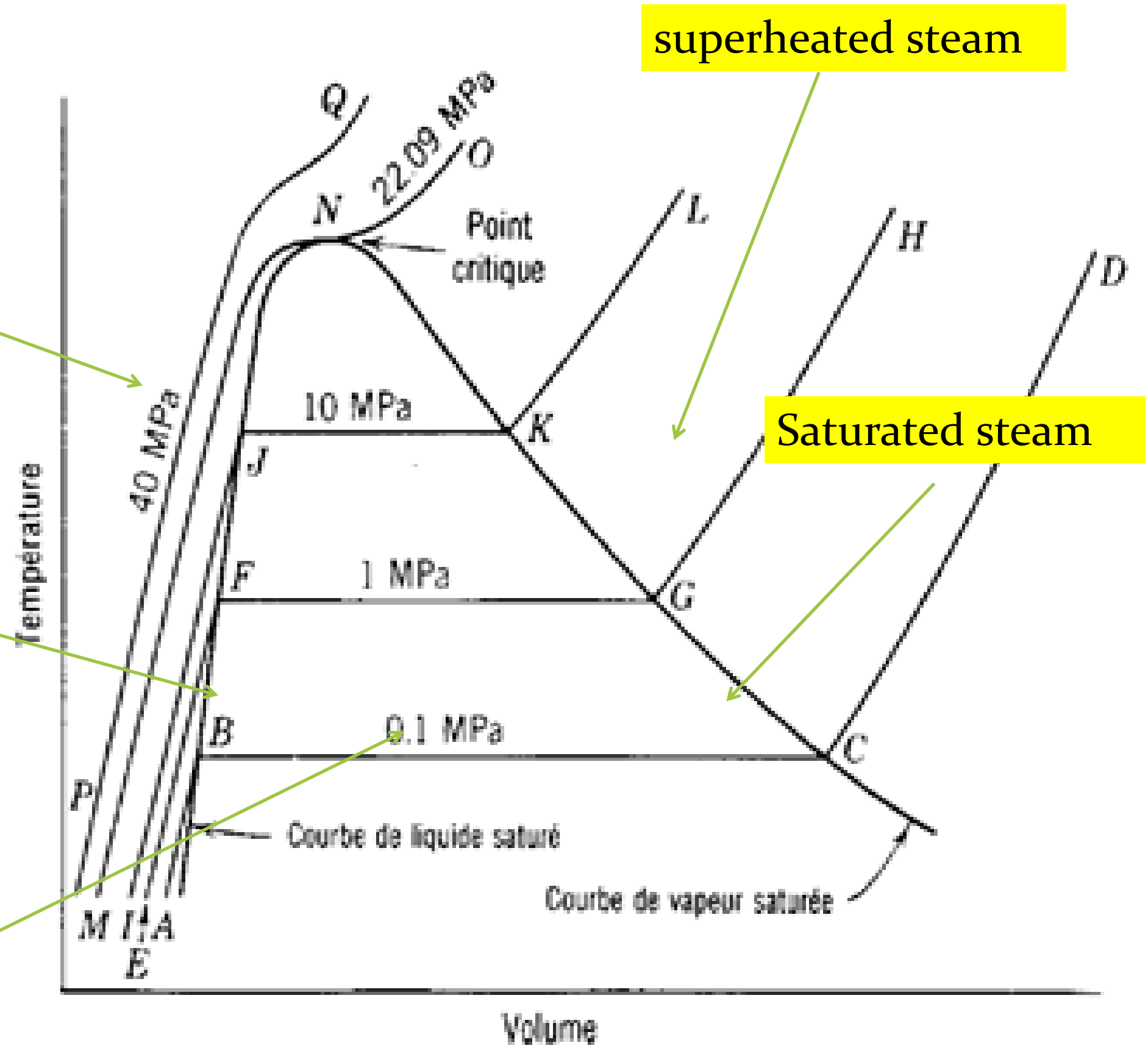
cooled or compressed liquid.

saturated liquid

liquid + vapor

superheated steam

Saturated steam



$$x = \text{mass(steam)} / \text{mass(steam+liquid)}.$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة (تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية - الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات النووية

نسبة البخار x

بخار مسخن جدا

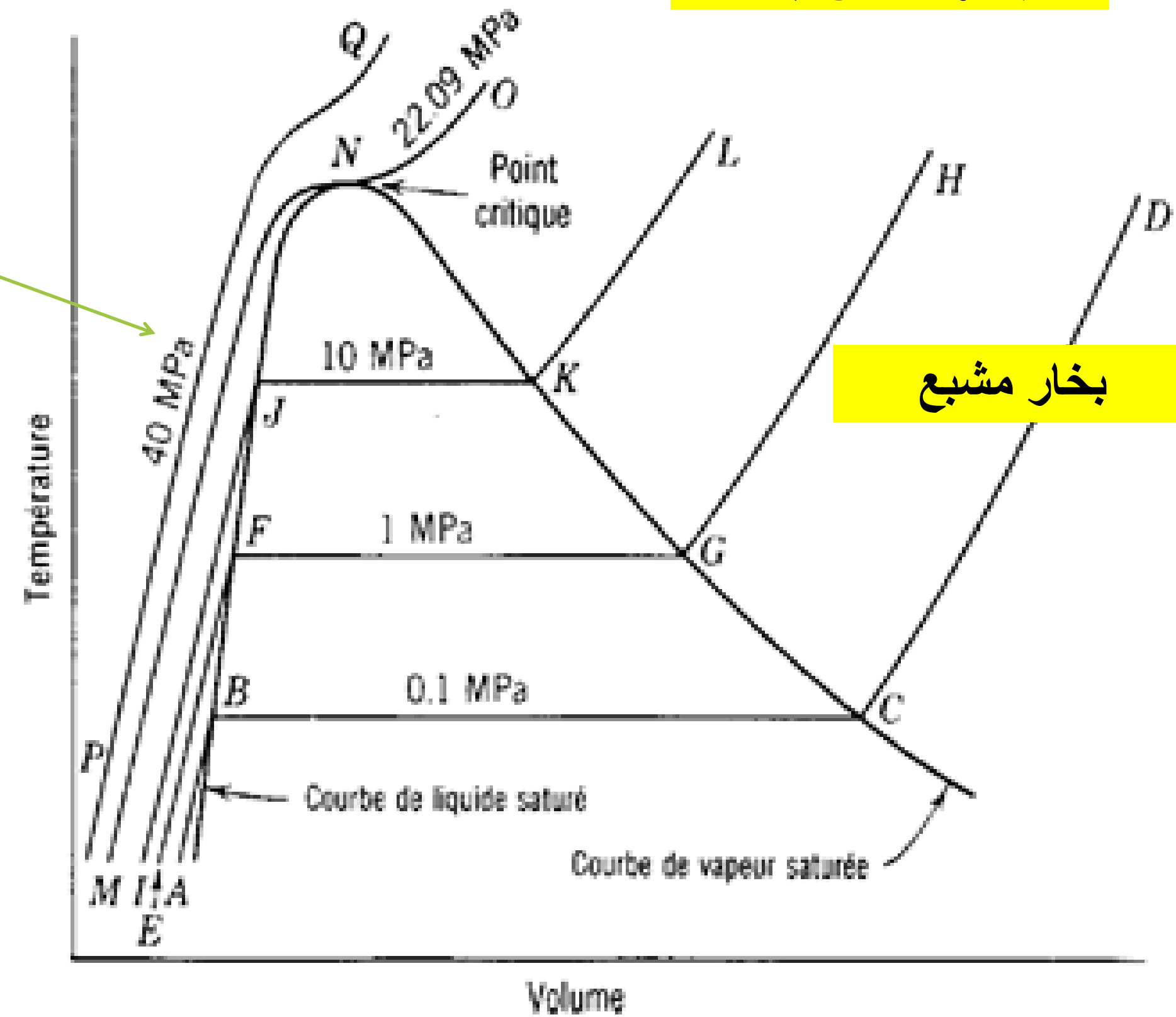
سائل مبرد أو مضغوط

سائل مشبع

بخار مشبع

سائل + بخار

$$x = \frac{\text{الكتلة (البخار)}}{\text{الكتلة (بخار + سائل)}}.$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Tables thermodynamiques

VAPEUR SURCHAUFFEE													LIQUIDE COMPRIME														
Variables de la vapeur d'eau surchauffée.													Variables de l'eau comprimée.														
T	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s	T	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s		
°C	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg·K	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg·K	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg·K	°C	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg·K	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg·K	m³/kg	kJ/kg	kJ/kg	kJ/kg·K		
				P = 0,01 MPa (45,81°C)*				P = 0,05 MPa (81,32°C)				P = 0,10 MPa (99,61°C)				P = 5 MPa (263,94°C)				P = 10 MPa (311,00°C)				P = 15 MPa (342,16°C)			
Sat. ¹	14,670	2 437,2	2 583,9	8,1488	3,2403	2 483,2	2 645,2	7,5931	1,6941	2 505,6	2 675,0	7,3589	Sat.	0,0012862	1 148,1	1 154,5	2,9207	0,0014522	1 393,3	1 407,9	3,3603	0,0016572	1 585,5	1 610,3	3,6848		
50	14,867	2 443,3	2 592,0	8,1741									0	0,0009977	0,04	5,03	0,0001	0,0009952	0,12	10,07	0,0003	0,0009928	0,18	15,07	0,0004		
100	17,196	2 515,5	2 687,5	8,4489	3,4187	2 511,5	2 682,4	7,6953	1,6959	2 506,2	2 675,8	7,3611	20	0,0009996	83,61	88,61	0,2954	0,0009973	83,31	93,28	0,2943	0,0009951	83,01	97,93	0,2932		
150	19,513	2 587,9	2 783,0	8,6893	3,8897	2 585,7	2 780,2	7,9413	1,9367	2 582,9	2 776,6	7,6148	40	0,0010057	166,92	171,95	0,5705	0,0010035	166,33	176,37	0,5685	0,0010013	165,75	180,77	0,5666		
200	21,826	2 661,4	2 879,6	8,9049	4,3562	2 660,0	2 877,8	8,1592	2,1724	2 658,2	2 875,5	7,8356	60	0,0010149	250,29	255,36	0,8287	0,0010127	249,43	259,55	0,8260	0,0010105	248,58	263,74	0,8234		
250	24,136	2 736,1	2 977,5	9,1015	4,8206	2 735,1	2 976,2	8,3568	2,4062	2 733,9	2 974,5	8,0346	80	0,0010267	333,82	338,96	1,0723	0,0010244	332,69	342,94	1,0691	0,0010221	331,59	346,92	1,0659		
300	26,446	2 812,3	3 076,7	9,2827	5,2841	2 811,6	3 075,8	8,5387	2,6389	2 810,7	3 074,5	8,2172	100	0,0010410	417,65	422,85	1,3034	0,0010385	416,23	426,62	1,2996	0,0010361	414,85	430,39	1,2958		
400	31,063	2 969,3	3 280,0	9,6094	6,2094	2 968,9	3 279,3	8,8659	3,1027	2 968,3	3 278,6	8,5452	120	0,0010576	501,91	507,19	1,5236	0,0010549	500,18	510,73	1,5191	0,0010522	498,50	514,28	1,5148		
500	35,680	3 132,9	3 489,7	9,8998	7,1338	3 132,6	3 489,3	9,1566	3,5655	3 132,2	3 488,7	8,8362	140	0,0010769	586,80	592,18	1,7344	0,0010738	584,72	595,45	1,7293	0,0010708	582,69	598,75	1,7243		
600	40,296	3 303,3	3 706,3	10,1631	8,0577	3 303,1	3 706,0	9,4201	4,0279	3 302,8	3 705,6	9,0999	160	0,0010988	672,55	678,04	1,9374	0,0010954	670,06	681,01	1,9316	0,0010920	667,63	684,01	1,9259		
700	44,911	3 480,8	3 929,9	10,4056	8,9813	3 480,6	3 929,7	9,6626	4,4900	3 480,4	3 929,4	9,3424	180	0,0011240	759,47	765,09	2,1338	0,0011200	756,48	767,68	2,1271	0,0011160	753,58	770,32	2,1206		
800	49,527	3 665,4	4 160,6	10,6312	9,9047	3 665,2	4 160,4	9,8883	4,9519	3 665,0	4 160,2	9,5682	200	0,0011531	847,92	853,68	2,3251	0,0011482	844,32	855,80	2,3174	0,0011435	840,84	858,00	2,3100		
900	54,143	3 856,9	4 398,3	10,8429	10,8280	3 856,8	4 398,2	10,1000	5,4137	3 856,7	4 398,0	9,7800	220	0,0011868	938,39	944,32	2,5127	0,0011809	934,01	945,82	2,5037	0,0011752	929,81	947,43	2,4951		
1 000	58,758	4 055,3	4 642,8	11,0429	11,7513	4 055,2	4 642,7	10,3000	5,8755	4 055,0	4 642,6	9,9800	240	0,0012268	1 031,6	1 037,7	2,6983	0,0012192	1 026,2	1 038,3	2,6876	0,0012121	1 021,0	1 039,2	2,6774		
1 100	63,373	4 260,0	4 893,8	11,2326	12,6745	4 259,9	4 893,7	10,4897	6,3372	4 259,8	4 893,6	10,1698	260	0,0012755	1 128,5	1 134,9	2,8841	0,0012653	1 121,6	1 134,3	2,8710	0,0012560	1 115,1	1 134,0	2,8586		
1 200	67,989	4 470,9	5 150,8	11,4132	13,5977	4 470,8	5 150,7	10,6704	6,7988	4 470,7	5 150,6	10,3504	280					0,0013226	1 221,8	1 235,0	3,0565	0,0013096	1 213,4	1 233,0	3,0410		
1 300	72,604	4 687,4	5 413,4	11,5857	14,5209	4 687,3	5 413,3	10,8429	7,2605	4 687,2	5 413,3	10,5229	300					0,0013980	1 329,4	1 343,3	3,2488	0,0013783	1 317,6	1 338,3	3,2279		
													320									0,0014733	1 431,9	1 454,0	3,4263		
													340									0,0016311	1 567,9	1 592,4	3,6555		

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Tables thermodynamiques

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

SUPERHEATED STEAM

Variables de la vapeur d'eau surchauffée.

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	P = 0,01 MPa (45,81°C)*				P = 0,05 MPa (81,32°C)				P = 0,10 MPa (99,61°C)			
					v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
Sat.†	14,670	2 437,2	2 583,9	8,1488	3,2403	2 483,2	2 645,2	7,5931	1,6941	2 505,6	2 675,0	7,3589				
50	14,867	2 443,3	2 592,0	8,1741												
100	17,196	2 515,5	2 687,5	8,4489	3,4187	2 511,5	2 682,4	7,6953	1,6959	2 506,2	2 675,8	7,3611				
150	19,513	2 587,9	2 783,0	8,6893	3,8897	2 585,7	2 780,2	7,9413	1,9367	2 582,9	2 776,6	7,6148				
200	21,826	2 661,4	2 879,6	8,9049	4,3562	2 660,0	2 877,8	8,1592	2,1724	2 658,2	2 875,5	7,8356				
250	24,136	2 736,1	2 977,5	9,1015	4,8206	2 735,1	2 976,2	8,3568	2,4062	2 733,9	2 974,5	8,0346				
300	26,446	2 812,3	3 076,7	9,2827	5,2841	2 811,6	3 075,8	8,5387	2,6389	2 810,7	3 074,5	8,2172				
400	31,063	2 969,3	3 280,0	9,6094	6,2094	2 968,9	3 279,3	8,8659	3,1027	2 968,3	3 278,6	8,5452				
500	35,680	3 132,9	3 489,7	9,8998	7,1338	3 132,6	3 489,3	9,1566	3,5655	3 132,2	3 488,7	8,8362				
600	40,296	3 303,3	3 706,3	10,1631	8,0577	3 303,1	3 706,0	9,4201	4,0279	3 302,8	3 705,6	9,0999				
700	44,911	3 480,8	3 929,9	10,4056	8,9813	3 480,6	3 929,7	9,6626	4,4900	3 480,4	3 929,4	9,3424				
800	49,527	3 665,4	4 160,6	10,6312	9,9047	3 665,2	4 160,4	9,8883	4,9519	3 665,0	4 160,2	9,5682				
900	54,143	3 856,9	4 398,3	10,8429	10,8280	3 856,8	4 398,2	10,1000	5,4137	3 856,7	4 398,0	9,7800				
1 000	58,758	4 055,3	4 642,8	11,0429	11,7513	4 055,2	4 642,7	10,3000	5,8755	4 055,0	4 642,6	9,9800				
1 100	63,373	4 260,0	4 893,8	11,2326	12,6745	4 259,9	4 893,7	10,4897	6,3372	4 259,8	4 893,6	10,1698				
1 200	67,989	4 470,9	5 150,8	11,4132	13,5977	4 470,8	5 150,7	10,6704	6,7988	4 470,7	5 150,6	10,3504				
1 300	72,604	4 687,4	5 413,4	11,5857	14,5209	4 687,3	5 413,3	10,8429	7,2605	4 687,2	5 413,3	10,5229				

COMPRESSED LIQUID

Variables de l'eau comprimée.

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	P = 5 MPa (263,94°C)				P = 10 MPa (311,00°C)				P = 15 MPa (342,16°C)			
					v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
Sat.	0,0012862	1 148,1	1 154,5	2,9207	0,0014522	1 393,3	1 407,9	3,3603	0,0016572	1 585,5	1 610,3	3,6848				
0	0,0009977	0,04	5,03	0,0001	0,0009952	0,12	10,07	0,0003	0,0009928	0,18	15,07	0,0004				
20	0,0009996	83,61	88,61	0,2954	0,0009973	83,31	93,28	0,2943	0,0009951	83,01	97,93	0,2932				
40	0,0010057	166,92	171,95	0,5705	0,0010035	166,33	176,37	0,5685	0,0010013	165,75	180,77	0,5666				
60	0,0010149	250,29	255,36	0,8287	0,0010127	249,43	259,55	0,8260	0,0010105	248,58	263,74	0,8234				
80	0,0010267	333,82	338,96	1,0723	0,0010244	332,69	342,94	1,0691	0,0010221	331,59	346,92	1,0659				
100	0,0010410	417,65	422,85	1,3034	0,0010385	416,23	426,62	1,2996	0,0010361	414,85	430,39	1,2958				
120	0,0010576	501,91	507,19	1,5236	0,0010549	500,18	510,73	1,5191	0,0010522	498,50	514,28	1,5148				
140	0,0010769	586,80	592,18	1,7344	0,0010738	584,72	595,45	1,7293	0,0010708	582,69	598,75	1,7243				
160	0,0010988	672,55	678,04	1,9374	0,0010954	670,06	681,01	1,9316	0,0010920	667,63	684,01	1,9259				
180	0,0011240	759,47	765,09	2,1338	0,0011200	756,48	767,68	2,1271	0,0011160	753,58	770,32	2,1206				
200	0,0011531	847,92	853,68	2,3251	0,0011482	844,32	855,80	2,3174	0,0011435	840,84	858,00	2,3100				
220	0,0011868	938,39	944,32	2,5127	0,0011809	934,01	945,82	2,5037	0,0011752	929,81	947,43	2,4951				
240	0,0012268	1 031,6	1 037,7	2,6983	0,0012192	1 026,2	1 038,3	2,6876	0,0012121	1 021,0	1 039,2	2,6774				
260	0,0012755	1 128,5	1 134,9	2,8841	0,0012653	1 121,6	1 134,3	2,8710	0,0012560	1 115,1	1 134,0	2,8586				
280					0,0013226	1 221,8	1 235,0	3,0565	0,0013096	1 213,4	1 233,0	3,0410				
300					0,0013980	1 329,4	1 343,3	3,2488	0,0013783	1 317,6	1 338,3	3,2279				
320									0,0014733	1 431,9	1 454,0	3,4263				
340									0,0016311	1 567,9	1 592,4	3,6555				

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

الجداول الديناميكية الحرارية

بخار مسخن جدا

Variables de la vapeur d'eau surchauffée.

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
Sat.¹	14,670	2 437,2	2 583,9	8,1488	3,2403	2 483,2	2 645,2	7,5931	1,6941	2 505,6	2 675,0	7,3589
50	14,867	2 443,3	2 592,0	8,1741								
100	17,196	2 515,5	2 687,5	8,4489	3,4187	2 511,5	2 682,4	7,6953	1,6959	2 506,2	2 675,8	7,3611
150	19,513	2 587,9	2 783,0	8,6893	3,8897	2 585,7	2 780,2	7,9413	1,9367	2 582,9	2 776,6	7,6148
200	21,826	2 661,4	2 879,6	8,9049	4,3562	2 660,0	2 877,8	8,1592	2,1724	2 658,2	2 875,5	7,8356
250	24,136	2 736,1	2 977,5	9,1015	4,8206	2 735,1	2 976,2	8,3568	2,4062	2 733,9	2 974,5	8,0346
300	26,446	2 812,3	3 076,7	9,2827	5,2841	2 811,6	3 075,8	8,5387	2,6389	2 810,7	3 074,5	8,2172
400	31,063	2 969,3	3 280,0	9,6094	6,2094	2 968,9	3 279,3	8,8659	3,1027	2 968,3	3 278,6	8,5452
500	35,680	3 132,9	3 489,7	9,8998	7,1338	3 132,6	3 489,3	9,1566	3,5655	3 132,2	3 488,7	8,8362
600	40,296	3 303,3	3 706,3	10,1631	8,0577	3 303,1	3 706,0	9,4201	4,0279	3 302,8	3 705,6	9,0999
700	44,911	3 480,8	3 929,9	10,4056	8,9813	3 480,6	3 929,7	9,6626	4,4900	3 480,4	3 929,4	9,3424
800	49,527	3 665,4	4 160,6	10,6312	9,9047	3 665,2	4 160,4	9,8883	4,9519	3 665,0	4 160,2	9,5682
900	54,143	3 856,9	4 398,3	10,8429	10,8280	3 856,8	4 398,2	10,1000	5,4137	3 856,7	4 398,0	9,7800
1 000	58,758	4 055,3	4 642,8	11,0429	11,7513	4 055,2	4 642,7	10,3000	5,8755	4 055,0	4 642,6	9,9800
1 100	63,373	4 260,0	4 893,8	11,2326	12,6745	4 259,9	4 893,7	10,4897	6,3372	4 259,8	4 893,6	10,1698
1 200	67,989	4 470,9	5 150,8	11,4132	13,5977	4 470,8	5 150,7	10,6704	6,7988	4 470,7	5 150,6	10,3504
1 300	72,604	4 687,4	5 413,4	11,5857	14,5209	4 687,3	5 413,3	10,8429	7,2605	4 687,2	5 413,3	10,5229

سائل مضغوط

Variables de l'eau comprimée.

T °C	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m³/kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
Sat.	0,0012862	1 148,1	1 154,5	2,9207	0,0014522	1 393,3	1 407,9	3,3603	0,0016572	1 585,5	1 610,3	3,6848
0	0,0009977	0,04	5,03	0,0001	0,0009952	0,12	10,07	0,0003	0,0009928	0,18	15,07	0,0004
20	0,0009996	83,61	88,61	0,2954	0,0009973	83,31	93,28	0,2943	0,0009951	83,01	97,93	0,2932
40	0,0010057	166,92	171,95	0,5705	0,0010035	166,33	176,37	0,5685	0,0010013	165,75	180,77	0,5666
60	0,0010149	250,29	255,36	0,8287	0,0010127	249,43	259,55	0,8260	0,0010105	248,58	263,74	0,8234
80	0,0010267	333,82	338,96	1,0723	0,0010244	332,69	342,94	1,0691	0,0010221	331,59	346,92	1,0659
100	0,0010410	417,65	422,85	1,3034	0,0010385	416,23	426,62	1,2996	0,0010361	414,85	430,39	1,2958
120	0,0010576	501,91	507,19	1,5236	0,0010549	500,18	510,73	1,5191	0,0010522	498,50	514,28	1,5148
140	0,0010769	586,80	592,18	1,7344	0,0010738	584,72	595,45	1,7293	0,0010708	582,69	598,75	1,7243
160	0,0010988	672,55	678,04	1,9374	0,0010954	670,06	681,01	1,9316	0,0010920	667,63	684,01	1,9259
180	0,0011240	759,47	765,09	2,1338	0,0011200	756,48	767,68	2,1271	0,0011160	753,58	770,32	2,1206
200	0,0011531	847,92	853,68	2,3251	0,0011482	844,32	855,80	2,3174	0,0011435	840,84	858,00	2,3100
220	0,0011868	938,39	944,32	2,5127	0,0011809	934,01	945,82	2,5037	0,0011752	929,81	947,43	2,4951
240	0,0012268	1 031,6	1 037,7	2,6983	0,0012192	1 026,2	1 038,3	2,6876	0,0012121	1 021,0	1 039,2	2,6774
260	0,0012755	1 128,5	1 134,9	2,8841	0,0012653	1 121,6	1 134,3	2,8710	0,0012560	1 115,1	1 134,0	2,8586
280					0,0013226	1 221,8	1 235,0	3,0565	0,0013096	1 213,4	1 233,0	3,0410
300					0,0013980	1 329,4	1 343,3	3,2488	0,0013783	1 317,6	1 338,3	3,2279
320									0,0014733	1 431,9	1 454,0	3,4263
340									0,0016311	1 567,9	1 592,4	3,6555

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Cycles Thermodynamiques

Un cycle thermodynamique sur une machine est un ensemble de processus effectués de telle sorte que le système revient à son point de départ.

$$\Delta U = U(\text{final}) - U(\text{initial}) = U(\text{initial}) - U(\text{initial}) = 0.$$

De même $\Delta H = 0$ et $\Delta S = 0$

D'après le premier principe

$$Q - W = \Delta U \text{ pour un système fermé}$$

$$Q - W = \Delta H \text{ pour un système ouvert}$$

On a aussi $W_{\text{cycle}} = Q_{\text{cycle}}$

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Thermodynamic Cycles

A thermodynamic cycle on a machine is a set of processes carried out in such a way that the system returns to its starting point.

$$\Delta U = U(\text{final}) - U(\text{initial}) = U(\text{initial}) - U(\text{initial}) = 0.$$

Similarly $\Delta H = 0$ and $\Delta S = 0$

According to the first principle

$$Q - W = \Delta U \text{ for a closed system}$$

$$Q - W = \Delta H \text{ for an open system}$$

We also have

$$W_{\text{cycle}} = Q_{\text{cycle}}$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
 (تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
 بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
 بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
 الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
 الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
 النووية

دورات الديناميكا الحرارية

الدورة الديناميكية الحرارية على الجهاز عبارة عن مجموعة من العمليات التي يتم إجراؤها بطريقة تجعل النظام يعود إلى نقطة البداية.

$$\Delta U = U(\text{final}) - U(\text{initial}) = U(\text{initial}) - U(\text{initial}) = 0.$$

وبالمثل $\Delta H = 0$ و $\Delta S = 0$

حسب المبدأ الأول

لنظام مغلق $Q - W = \Delta U$

لنظام مفتوح $Q - W = \Delta H$

ولدينا أيضا

$$W_{\text{cycle}} = Q_{\text{cycle}}$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

$$W_{\text{net}} = W_{\text{fourni}} - W_{\text{reçu}}$$

W_{fourni} : fourni par la machine

$W_{\text{reçu}}$: reçu par la machine

$$\eta = W_{\text{cycle}} (\text{net}) / Q_c (\text{reçue})$$

$$= (W_{\text{fourni}} - W_{\text{reçu}}) / Q_c = Q_{\text{cycle}} / Q_c$$

$$= (Q_c - Q_f) / Q_c$$

$$= 1 - (Q_f / Q_c)$$

Comme Q_f est toujours négative donc

$$\eta = 1 - \frac{|Q_f|}{Q_c}$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

$$W_{\text{net}} = W_{\text{provided}} - W_{\text{received}}$$

W_{provided} : provided by the machine

W_{received} : received by the machine

$$\eta = W_{\text{cycle (net)}} / Q_c(\text{received})$$

$$= (W_{\text{provided}} - W_{\text{received}}) / Q_H = Q_{\text{cycle}} / Q_H$$

$$= (Q_H - Q_C) / Q_H$$

$$= 1 - (Q_C / Q_H)$$

As Q_c is always negative so

$$\eta = 1 - \frac{|Q_c|}{Q_H}$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

$$W_{\text{صافي}} = W_{\text{مقدم}} - W_{\text{مستلم}}$$

$W_{\text{مقدم}}$: التي تقدمها الآلة :

$W_{\text{مستلم}}$: استلمها الجهاز

$$\eta = W_{\text{cycle}} (\text{صافي}) / Q_H (\text{مستلم})$$

$$= (W_{\text{مقدم}} - W_{\text{مستلم}}) / Q_H = Q_{\text{دورة}} / Q_H$$

$$= (Q_H - Q_C) / Q_H$$

$$= 1 - (Q_C / Q_H)$$

$$\eta = 1 - \frac{|Q_C|}{Q_H} \quad \text{ما دام } Q_C \text{ دائما سالب اذا}$$

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

cycle de RANKINE

C'est le cycle idéal de la turbine à vapeur :

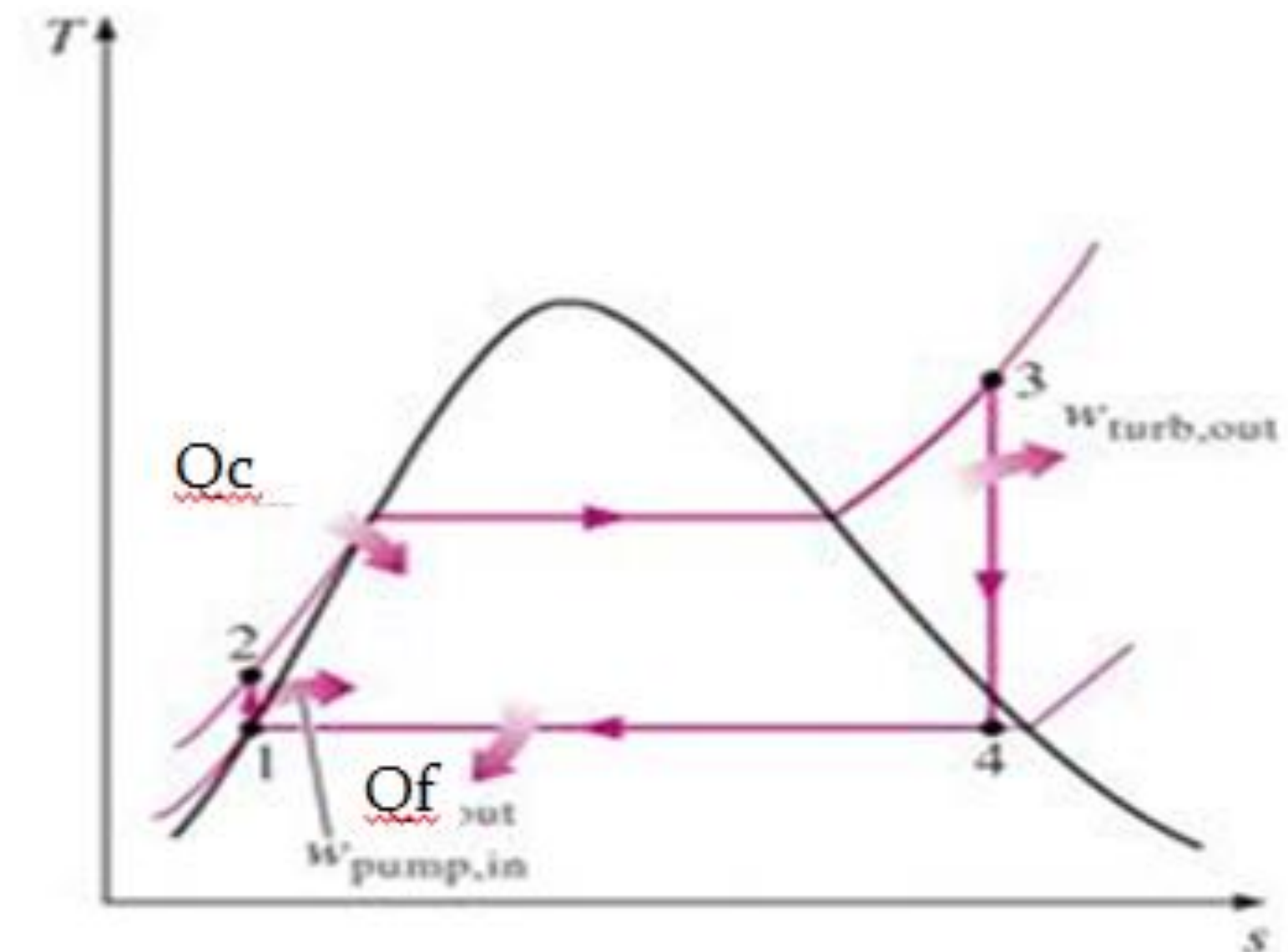
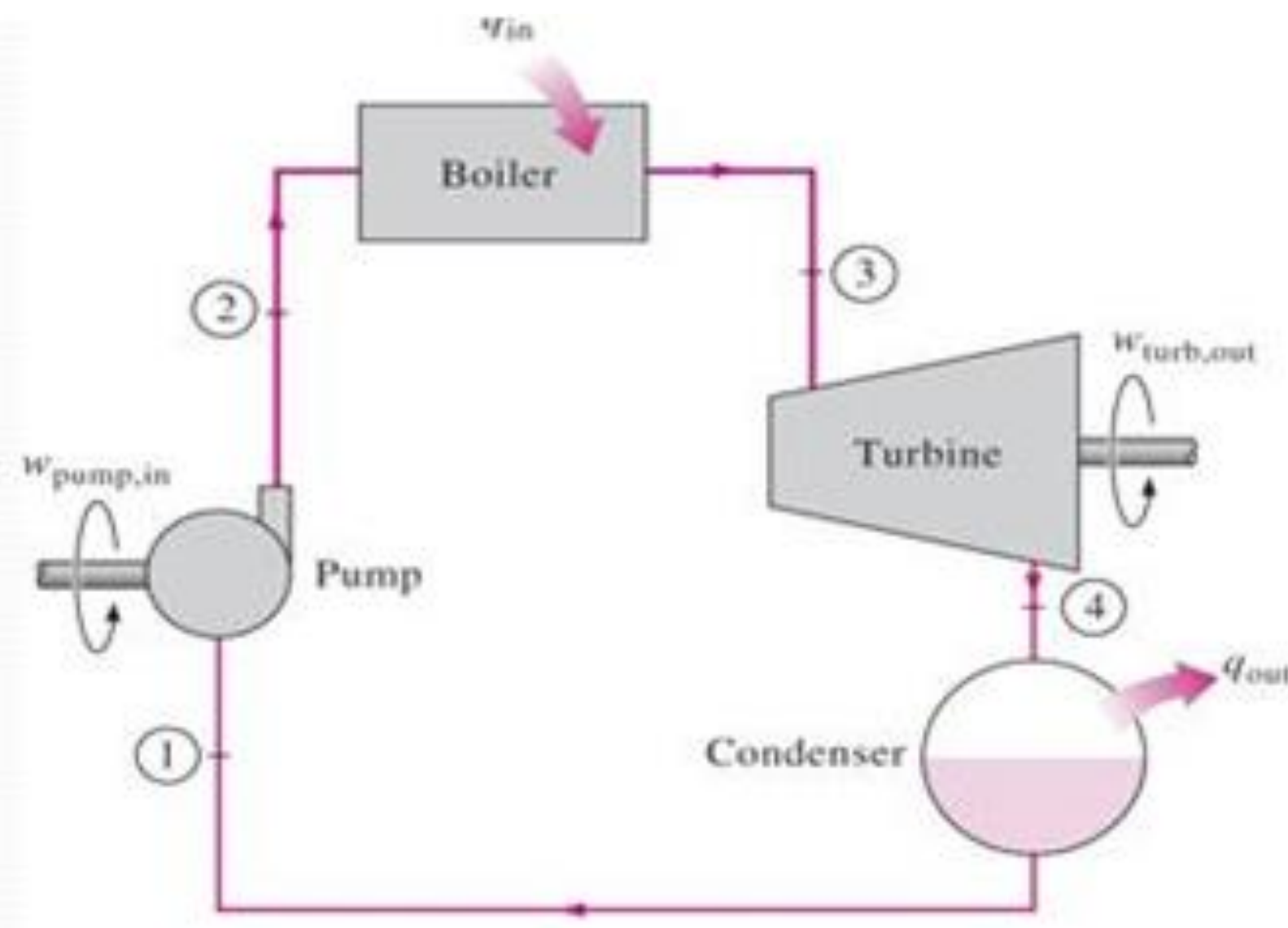
Les transformations qui composent le cycle sont:

1-2: Pompage isentropique effectué par la pompe

2-3: Echange de chaleur isobare dans la chaudière

3-4: Détente isentropique dans la turbine

4-1: Echange de chaleur isobare dans le condenseur



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

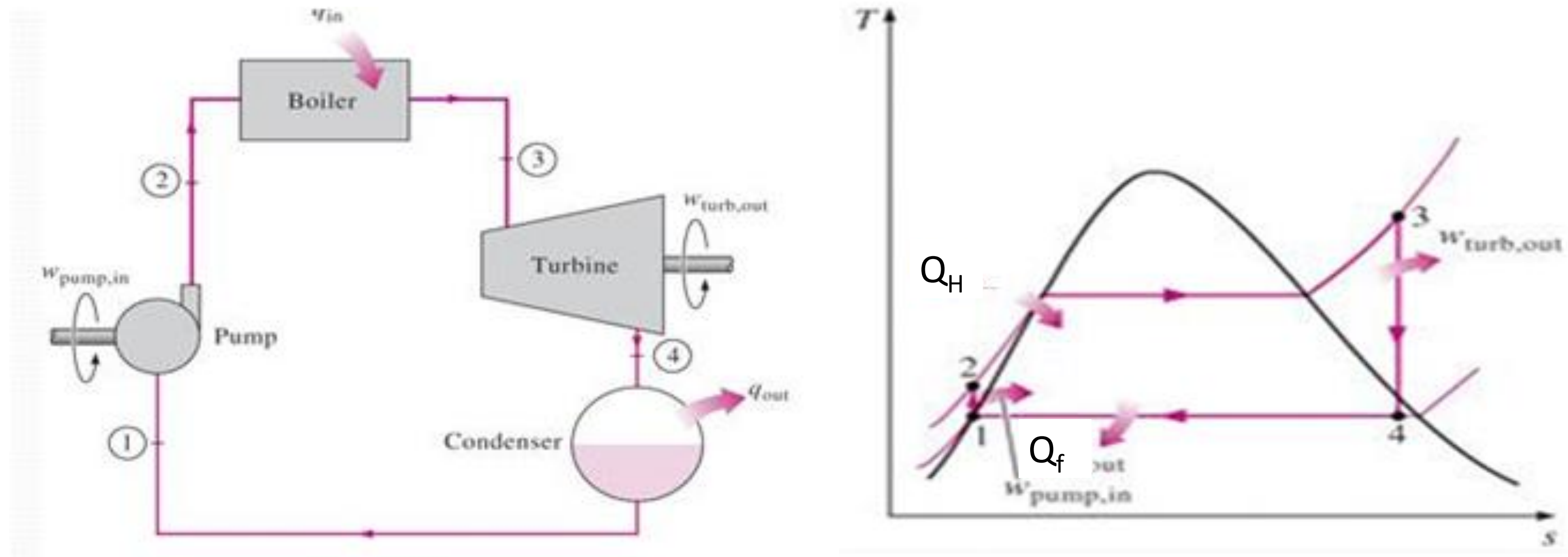
Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

RANKINE cycle

This is the ideal steam turbine cycle:
 The transformations that make up the cycle are:
 1-2: Isentropic pumping performed by the pump
 2-3: Isobaric heat exchange in the boiler
 3-4: Isentropic expansion in the turbine
 4-1: Isobaric heat exchange in the condenser



تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

دورة رانكين

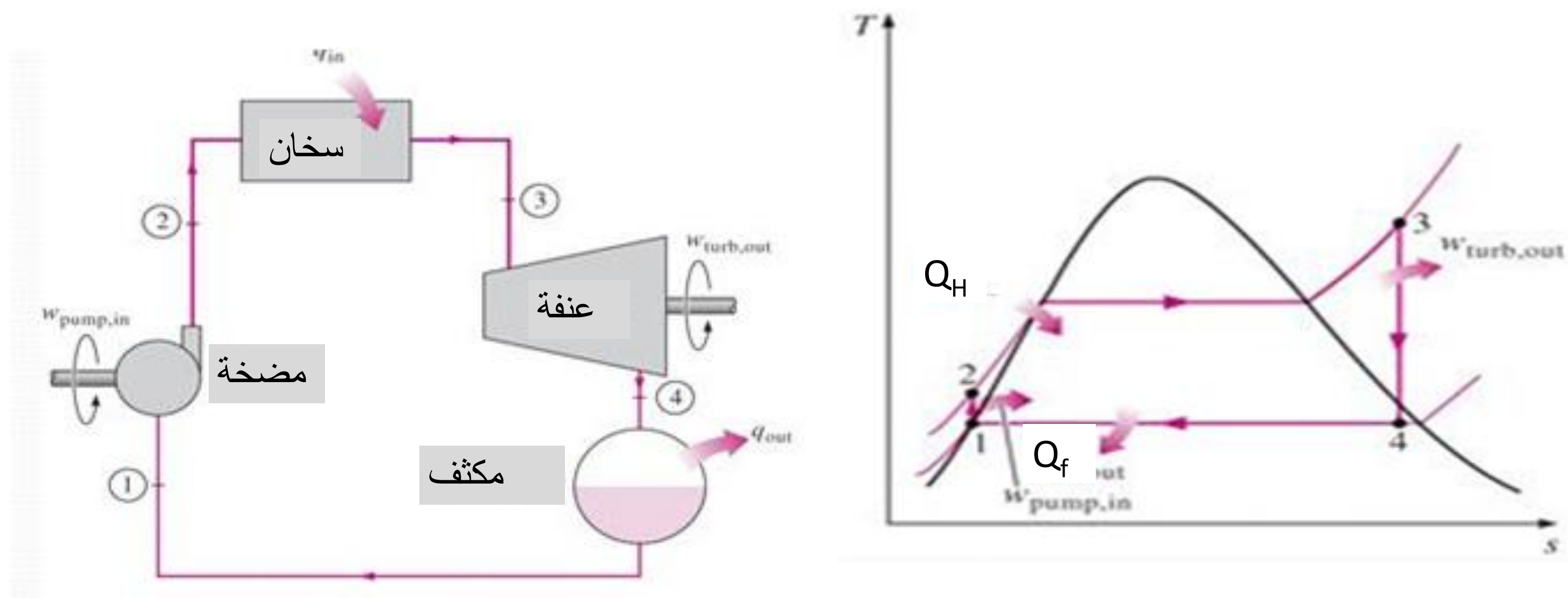
هذه هي دورة التوربينات البخارية المثالية: التحولات التي تتكون منها الدورة هي:

2-1: الضخ المتساوي الذي تقوم به المضخة

3-2: التبادل الحراري متساوي الضغط في المرجل

4-3: تمدد متساوي في التوربين

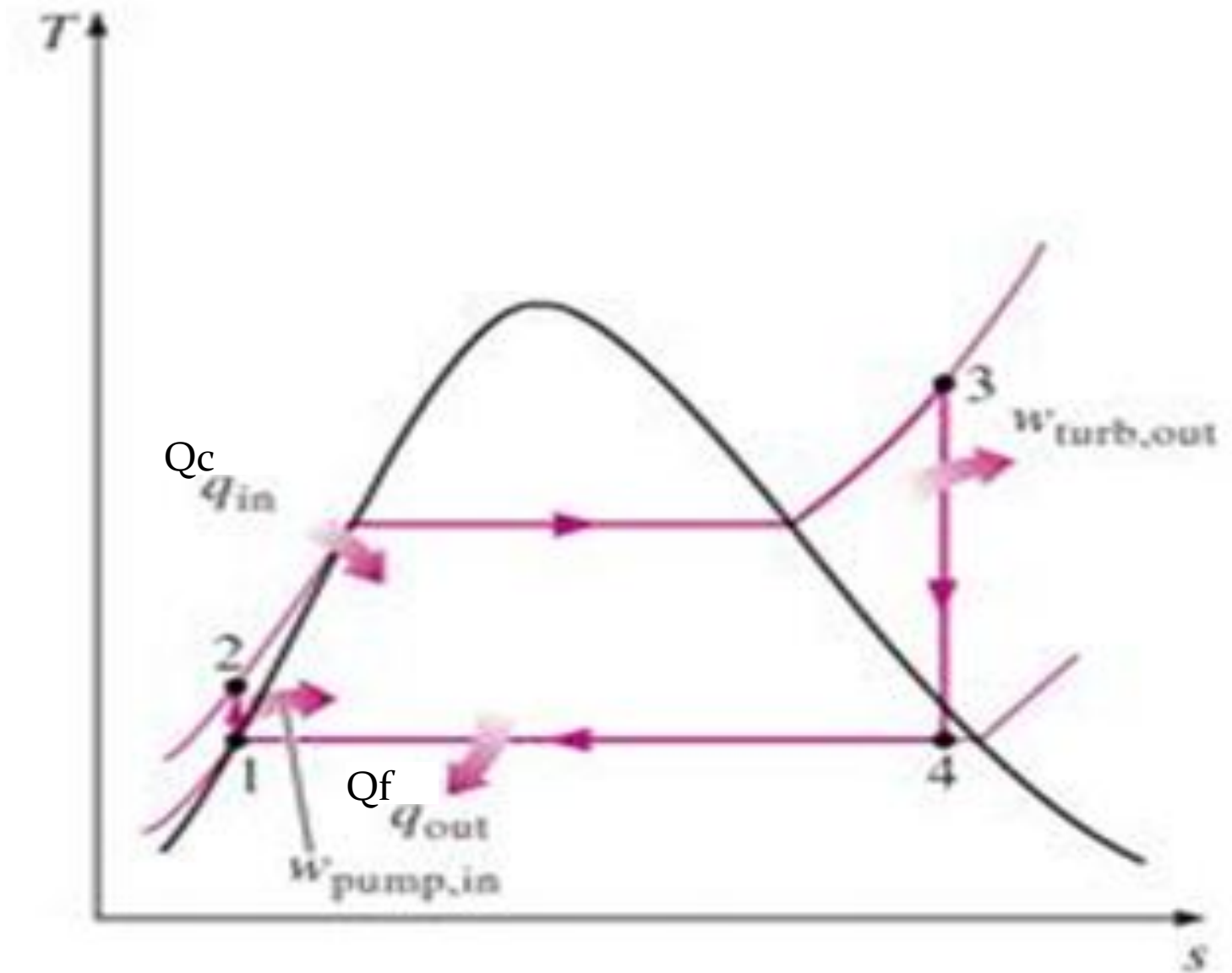
1-4: التبادل الحراري متساوي الضغط في المكثف



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

- Rappels sur le changement de phase
- Cycle de Rankine
- Cycle de Hirn
- Cycle à resurchauffe
- Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur
- Cycle mixte (gaz-vapeur)
- Centrales thermiques à vapeur
- Installations hybrides (solaire-gaz)
- Installations à cogénération
- Notion sur les centrales nucléaires.

cycle de RANKINE



1-2 Compression isentropique dans la pompe:

$$w_p = h_2 - h_1 \quad w_p = v_1(P_2 - P_1)$$

2-3 Apport de chaleur à pression constante dans la chaudière:

$$q_c = h_3 - h_2$$

3-4 Détente isentropique dans la turbine:

$$w_{tur} = h_3 - h_4$$

4-1 Évacuation de la chaleur à pression constante dans le condenseur:

$$q_f = h_4 - h_1$$

Rendement

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_c} = \frac{w_{trub,out} - w_{pompe,in}}{q_c} = \frac{q_c - q_f}{q_c} = 1 - \frac{q_f}{q_c}$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

RANKINE cycle

1-2 Isentropic compression in the pump:

$$w_p = h_2 - h_1 \quad w_p = v_1(P_2 - P_1)$$

2-3 Heat input at constant pressure in the boiler:

$$q_c = h_3 - h_2$$

3-4 Isentropic expansion in the turbine:

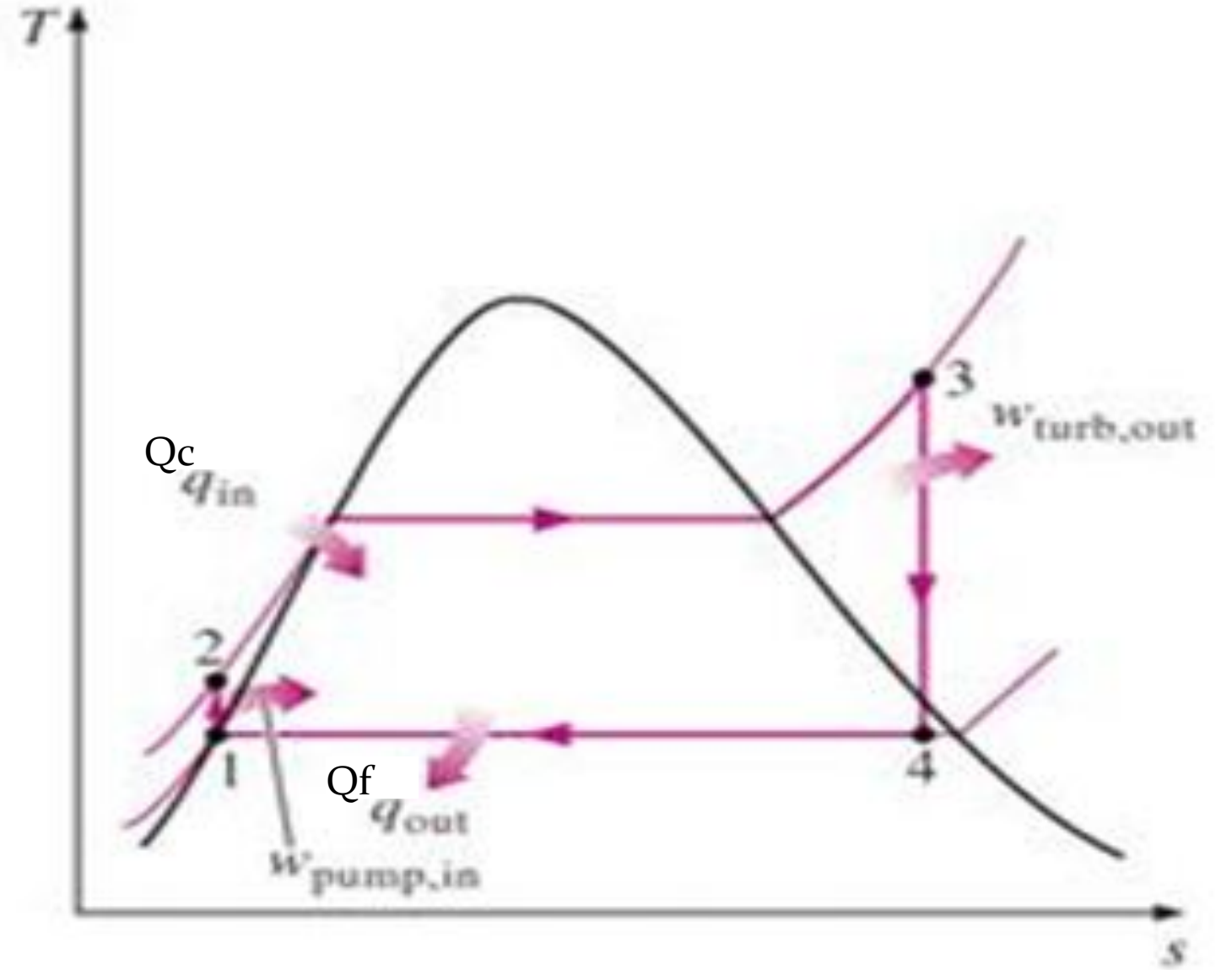
$$w_{tur} = h_3 - h_4$$

4-1 Constant pressure heat removal in the condenser:

$$q_f = h_4 - h_1$$

Yield

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_c} = \frac{w_{trub,out} - w_{pompe,in}}{q_c} = \frac{q_c - q_f}{q_c} = 1 - \frac{q_f}{q_c}$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

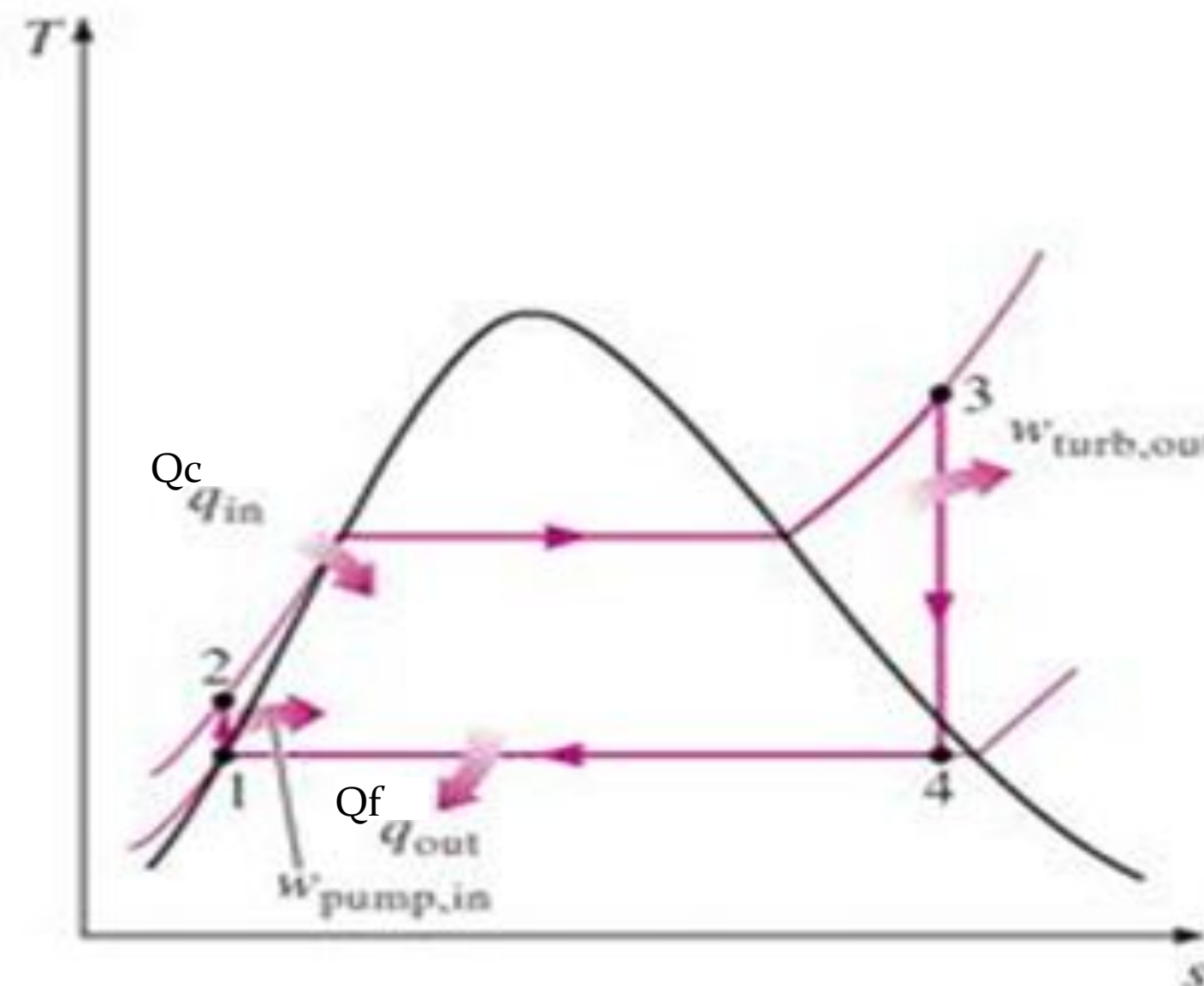
محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

دورة رانكين



1-2 الضغط الأديباتي في المضخة:

$$w_p = h_2 - h_1 \quad w_p = v_1(P_2 - P_1)$$

2-3 التوسع الأديباتي في التوربين:

$$q_c = h_3 - h_2$$

3-4 التوسع الأديباتي في التوربين::

$$w_{tur} = h_3 - h_4$$

4-1 إزالة الحرارة عند ضغط ثابت في المكثف:

$$q_f = h_4 - h_1$$

الكفاءة

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_c} = \frac{w_{turb,out} - w_{pompe,in}}{q_c} = \frac{q_c - q_f}{q_c} = 1 - \frac{q_f}{q_c}$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le
changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs
soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-
vapeur

Centrales thermiques
à vapeur

Installations hybrides
(solaire-gaz)

Installations à
cogénération

Notion sur les
centrales nucléaires.

Exercice cycle de RANKINE

Déterminez le rendement d'un cycle de Rankine utilisant la vapeur d'eau comme fluide moteur. On donne

- **La pression au condenseur est de 10 kPa,**
- **La pression de la chaudière est de 2 Mpa**
- **La vapeur en sort à l'état saturée**

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants



Rankine Cycle Exercise

Determine the efficiency of a Rankine cycle using water vapor as the working fluid.

The given data are as follows:

The condenser pressure is 10 kPa,

The boiler pressure is 2 MPa,

The steam exits the boiler in a saturated state.

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

تمرين دورة RANKINE

حدد كفاءة دورة التي تستخدم بخار الماء كسائل عامل.

نعطي

ضغط المكثف 10 كيلو باسكال

ضغط المرجل 2 ميغا باسكال

البخار يخرج مشبع

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

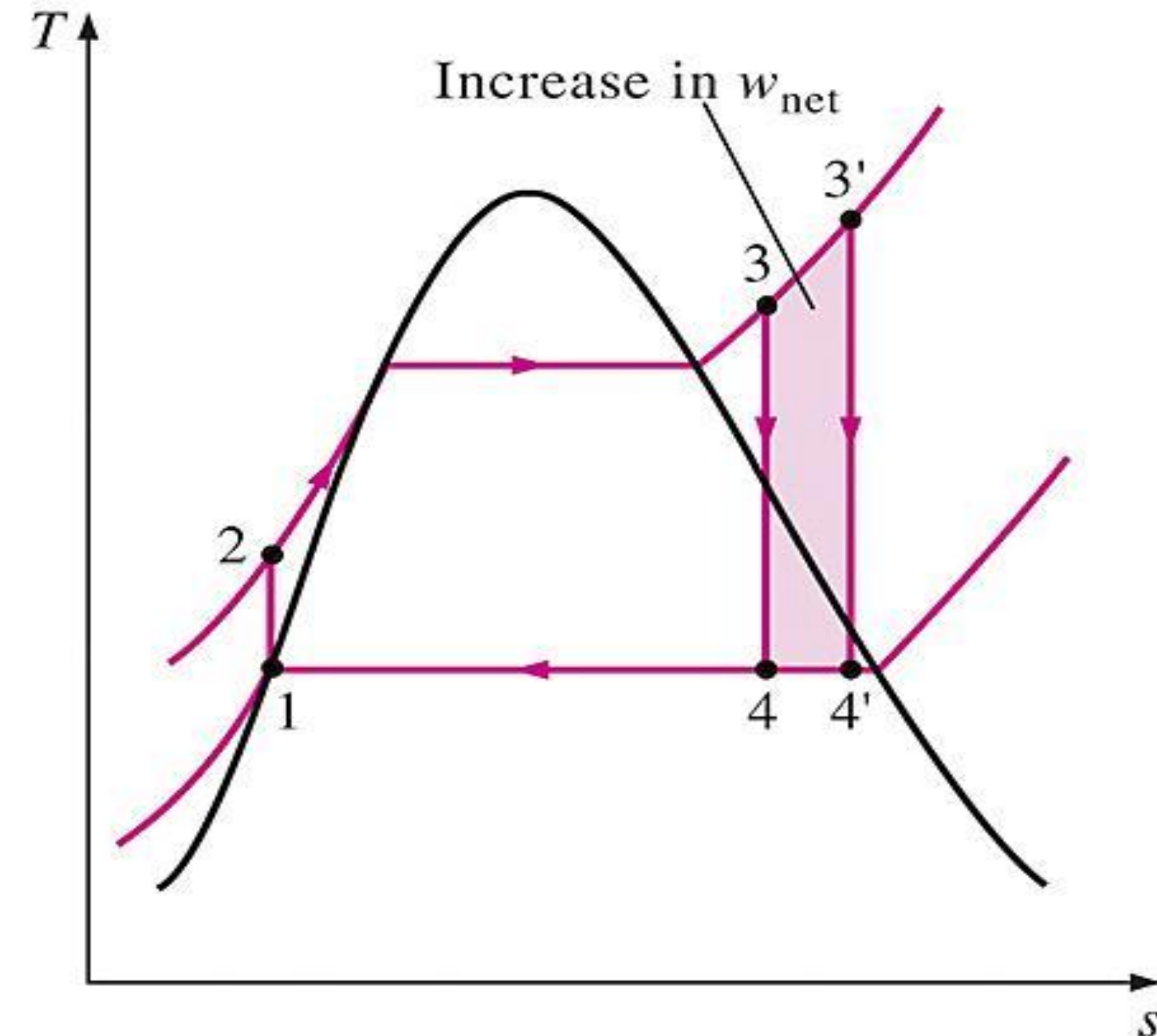
Le cycle Rankine à surchauffe **Cycle de Hirn**

On peut accroître le rendement du cycle de Rankine en chauffant la vapeur à haute température, on peut augmenter la température T_c

- Le travail additionnel produit est la surface ombrée
- 3-3' représente la chaleur additionnelle fournie

Inconvénients:

T_c est limitée (propriétés mécaniques des aubes de la turbine)



Le rendement augmente

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

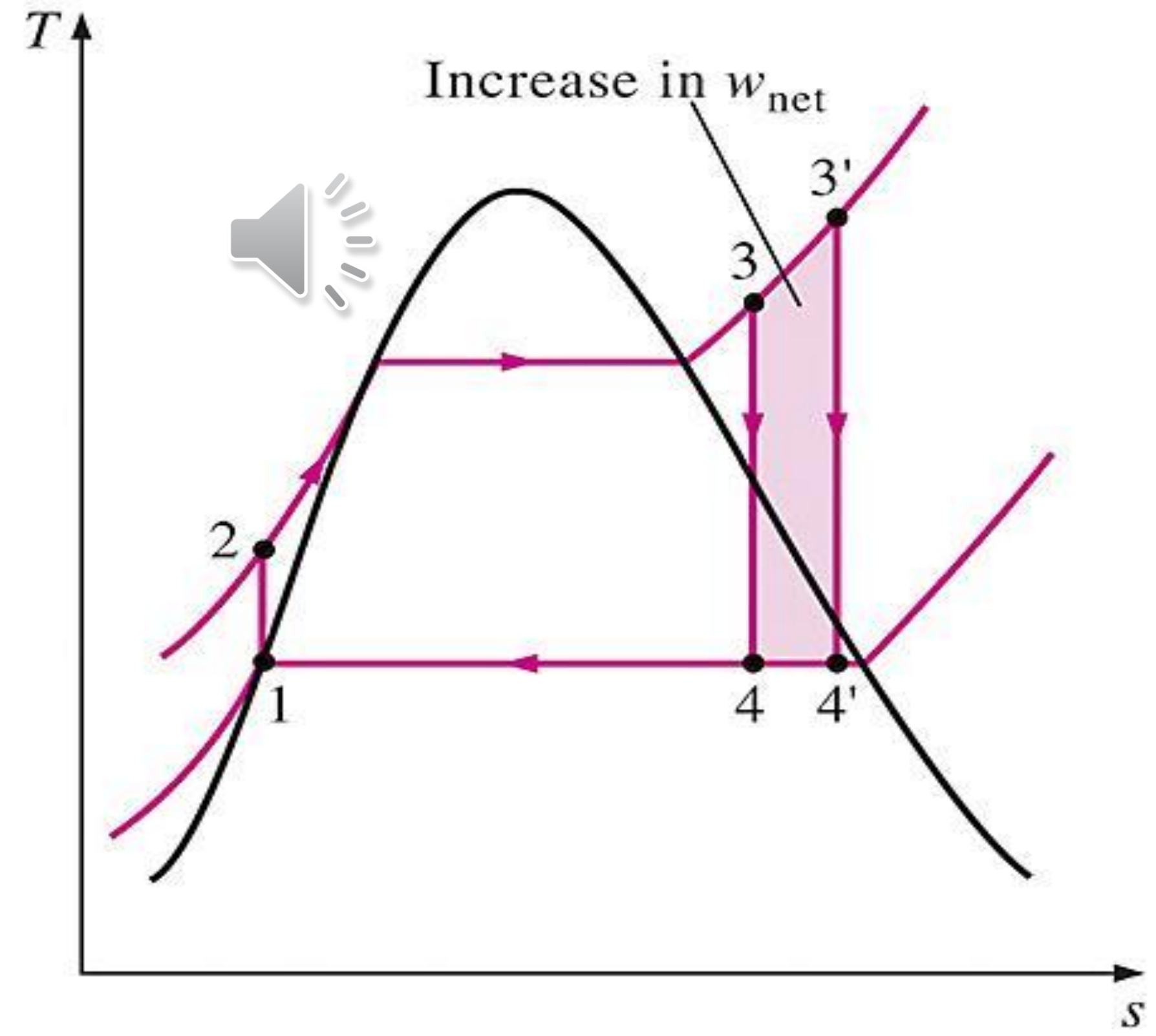
Notion about nuclear power plants

The superheated Rankine cycle Hirn cycle

We can increase the efficiency of the Rankine cycle by heating the steam at high temperature, we can increase the temperature T_c

- The additional work produced is the shaded surface 3-3' represents the additional heat provided

Disadvantages: T_c is limited (mechanical properties of turbine blades)



Le rendement augmente

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

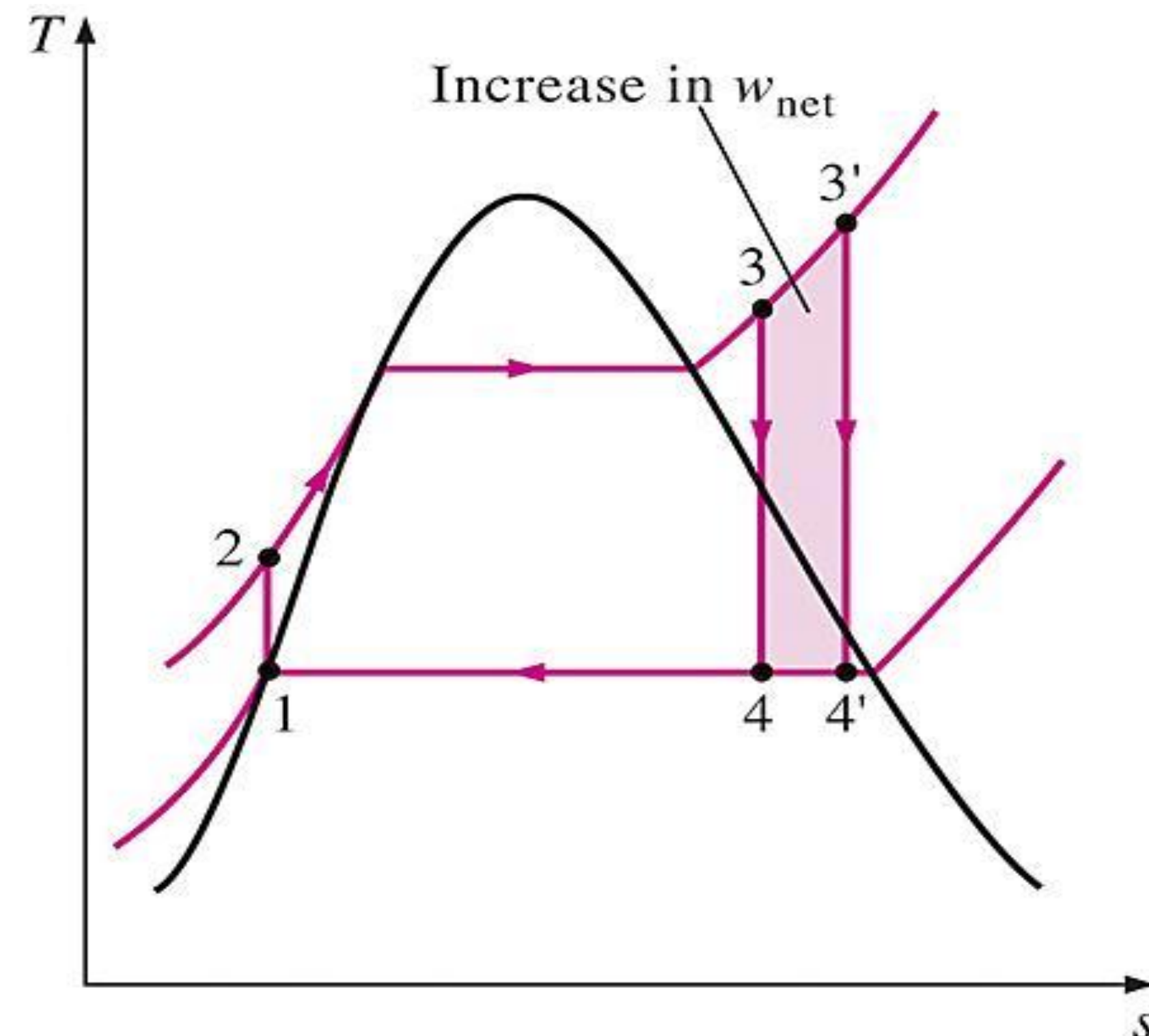
المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النوية

دورة رانكين شديدة الحرارة

يمكننا زيادة كفاءة دورة رانكين بتسخين البخار بدرجة
حرارة عالية ، ويمكننا زيادة درجة الحرارة T_c

• العمل الإضافي الناتج هو السطح المظلل 3-3'
'يمثل الحرارة الإضافية المقدمة



سليبات: T_c

محدود (الخواص الميكانيكية لشفرات التوربينات)

الكفاءة تزيد في القيمة

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

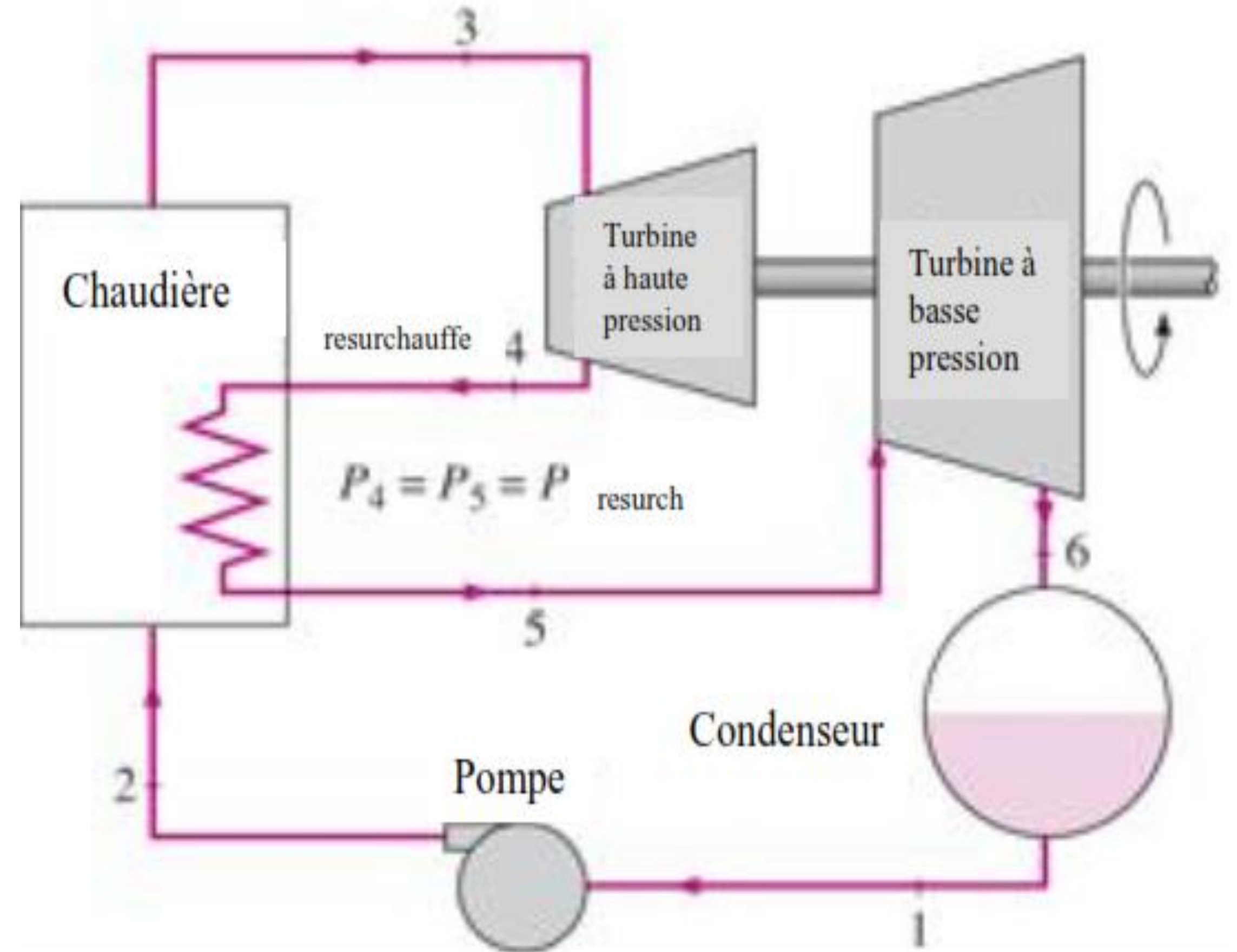
Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Cycle à resurchauffe

Puisqu'on est limité par les propriétés mécaniques des matériaux on utilise une turbine à deux étages pour détendre la vapeur d'eau, on modifie le cycle de Rankine « Cycle à Resurchauffe »



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

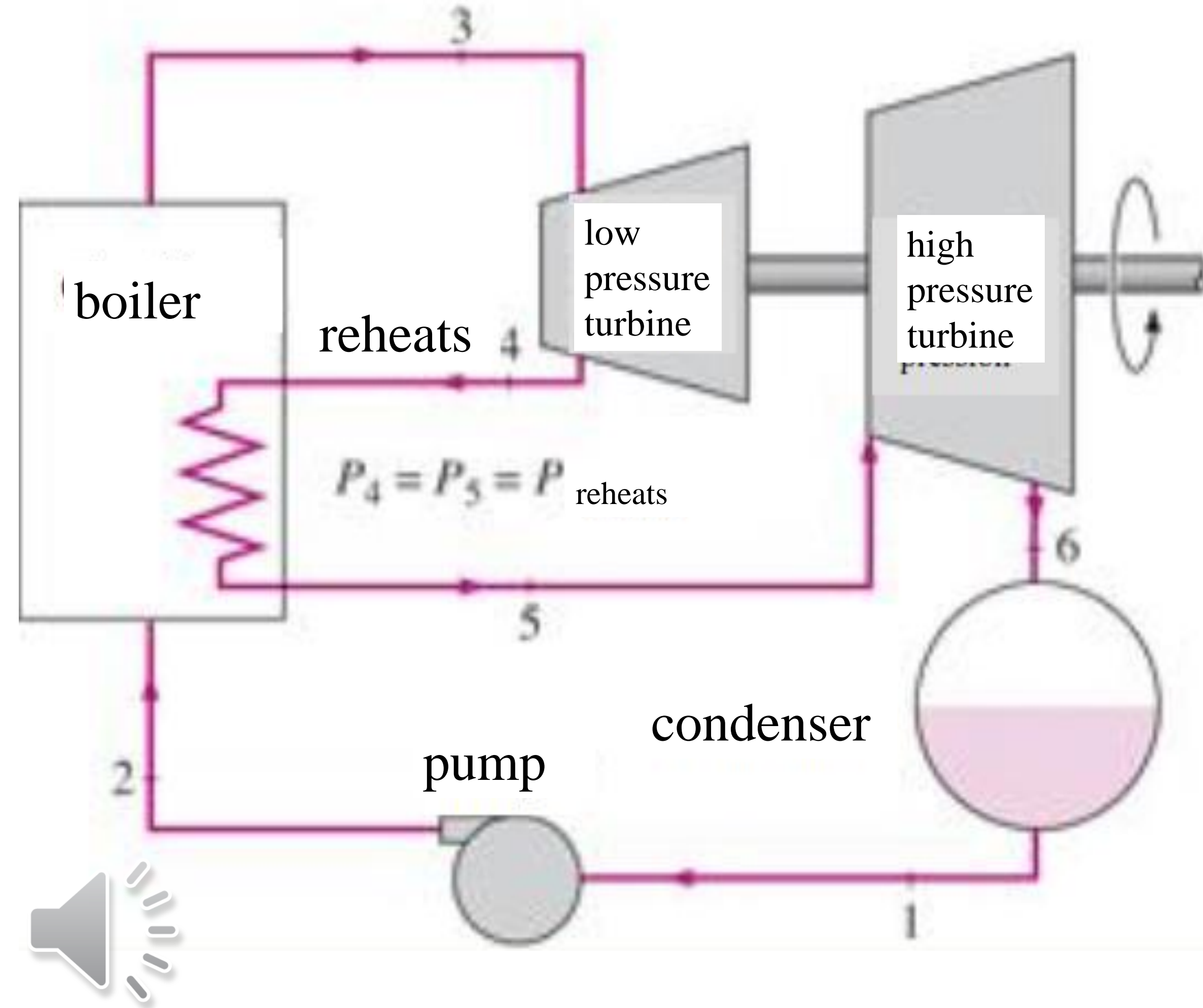
Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Reheat cycle
 Since we are limited by the mechanical properties of the materials we use a two-stage turbine to expand the water vapor, we modify the Rankine cycle "Reheat Cycle"



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

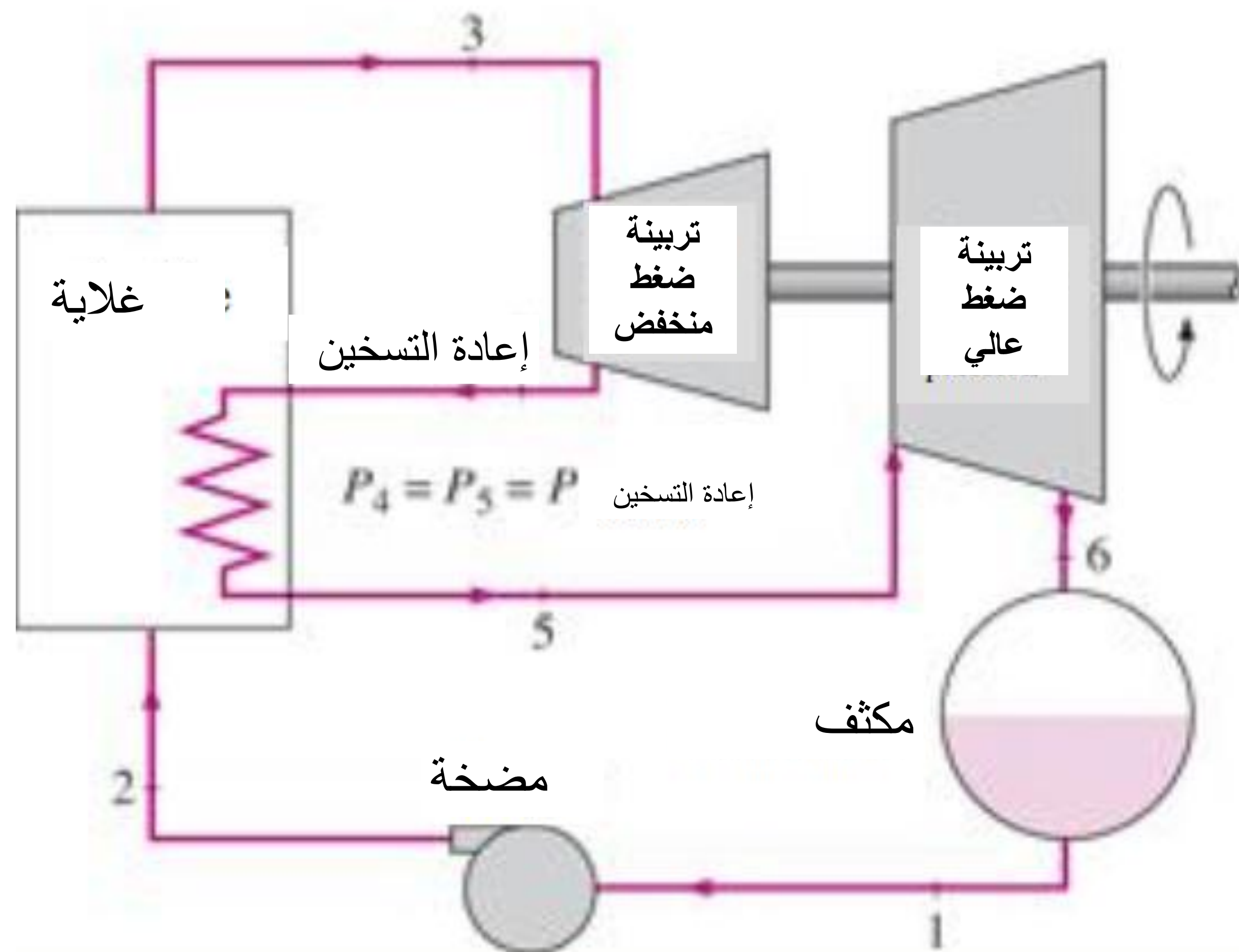
محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

الدورة المعاد تسخينها
نظرًا لأننا مقيدون بالخصائص
الميكانيكية للمواد التي
نستخدمها، نستخدم توربينين
مرحلتين لتوسيع بخار الماء،
ونقوم بتعديل دورة رانكين
لتصبح "الدورة المعاد تسخينها



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le
changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs
soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-
vapeur

Centrales thermiques
à vapeur

Installations hybrides
(solaire-gaz)

Installations à
cogénération

Notion sur les
centrales nucléaires.

EXERCICE

On considère un cycle à resurchauffe fonctionnant avec la vapeur d'eau. La vapeur sort de la chaudière et entre dans la turbine à 4 Mpa et 400°C. Après une détente dans la turbine jusqu'à 400 kPa, la vapeur est resurchauffée à 400°C, puis elle est détendue dans la turbine à basse pression jusqu'à 10 kPa.

Déterminer le rendement du cycle

Recalls on Phase
Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more
steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations
(solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear
power plants



EXERCISE

We consider a reheating cycle operating with steam. The steam leaves the boiler and enters the turbine at 4 Mpa and 400°C.

After an expansion in the turbine up to 400 kPa, the steam is reheated to 400°C, then it is expanded in the low pressure turbine up to 10 kPa.

Determine Cycle Yield

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

تمرين

نعتبر أن دورة إعادة التسخين تعمل بالبخار. يخرج البخار من
المرجل ويدخل التوربين عند 4 ميجا باسكال و 400 درجة
مئوية. بعد التمدد في التوربين حتى 400 كيلو باسكال ، يتم إعادة
تسخين البخار إلى 400 درجة مئوية ، ثم يتم توسيعه في
التوربين منخفض الضغط حتى 10 كيلو باسكال
أحسب عائد الدورة

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

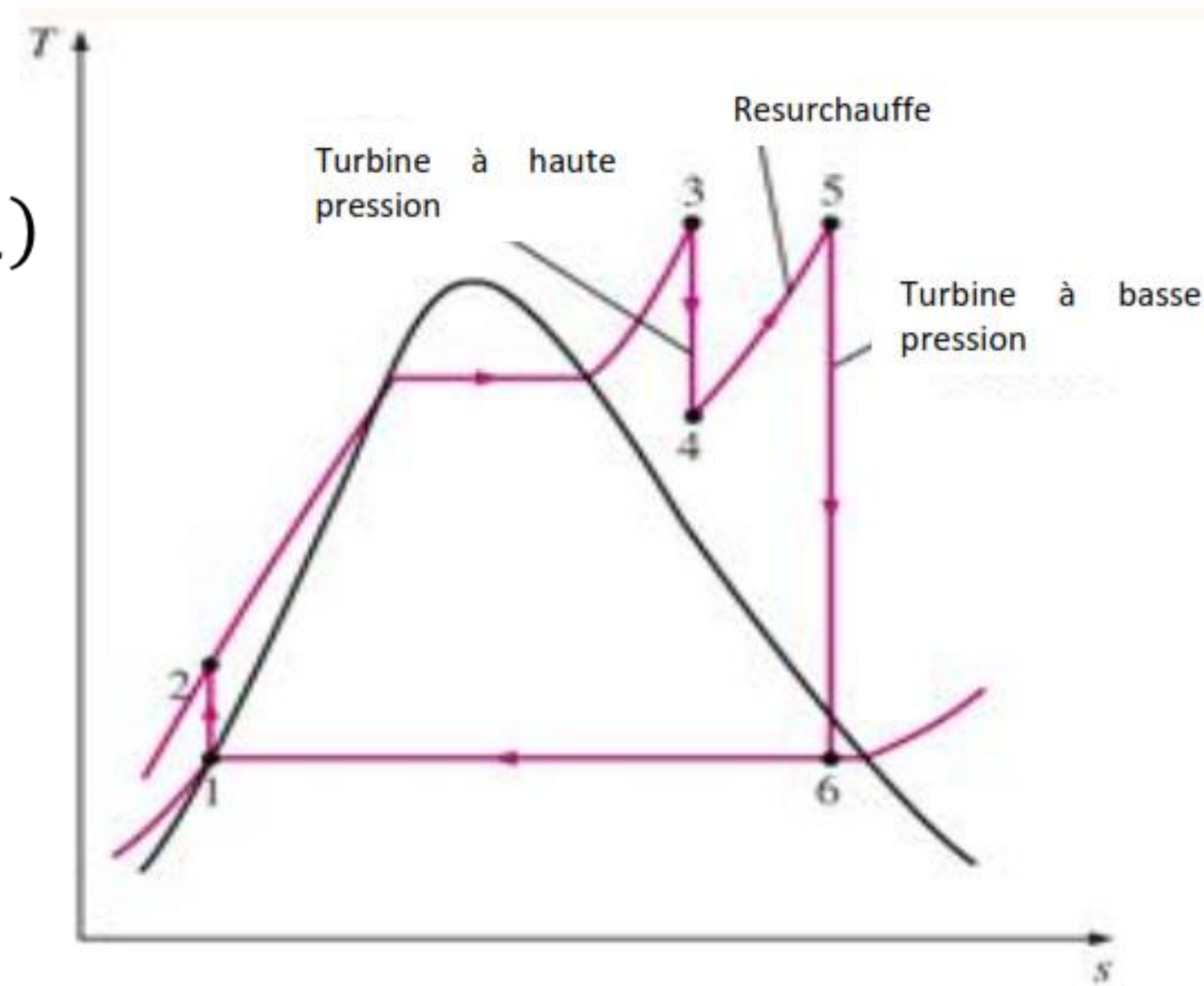
Notion sur les centrales nucléaires.

Cycle à resurchauffe

$$Q_c = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_4)$$

$$W_t = W_{t1} + W_{t2}$$

$$= (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6)$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

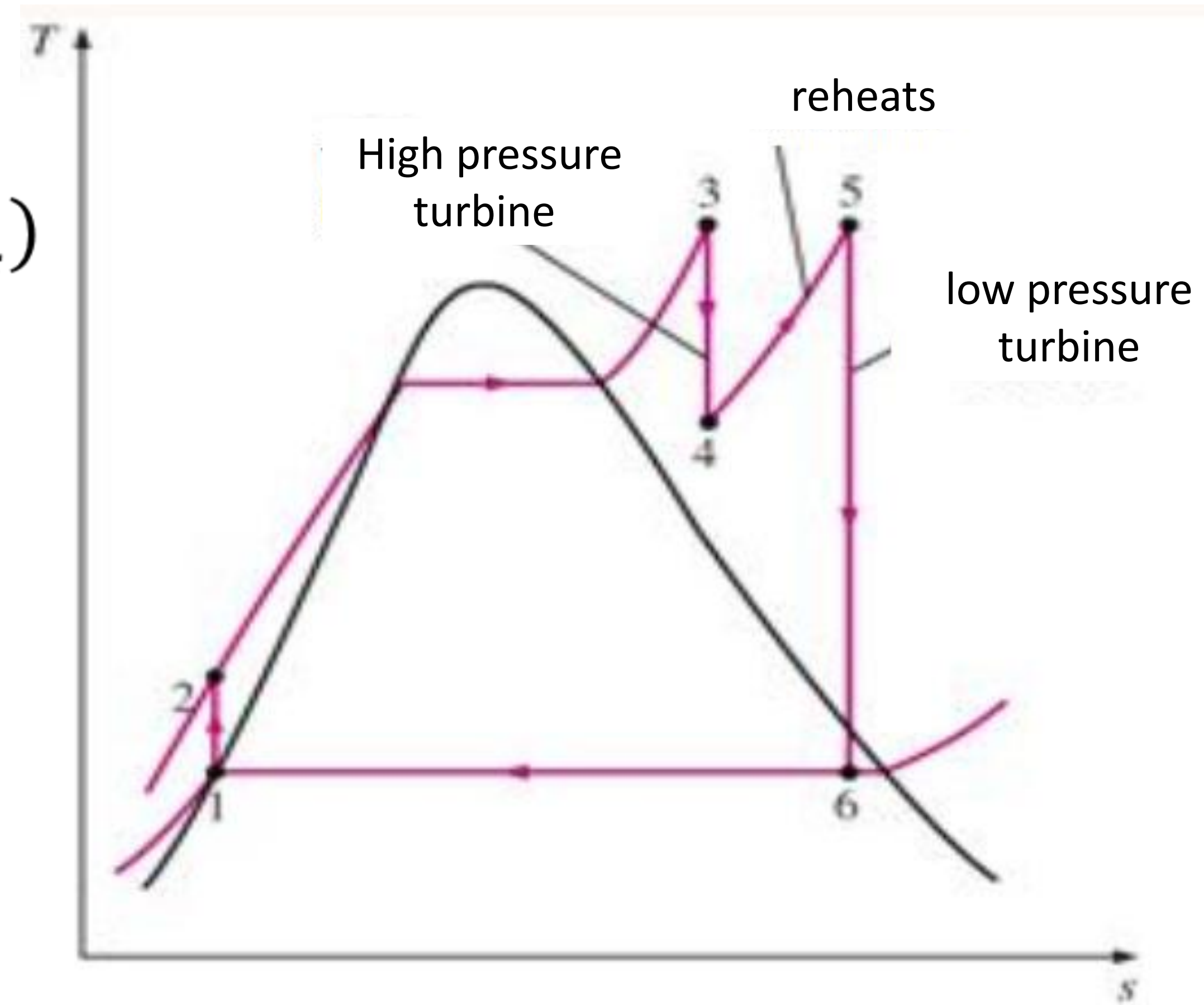
Notion about nuclear power plants

Cycle à resurchauffe

$$Q_c = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_4)$$

$$W_t = W_{t1} + W_{t2}$$

$$= (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6)$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

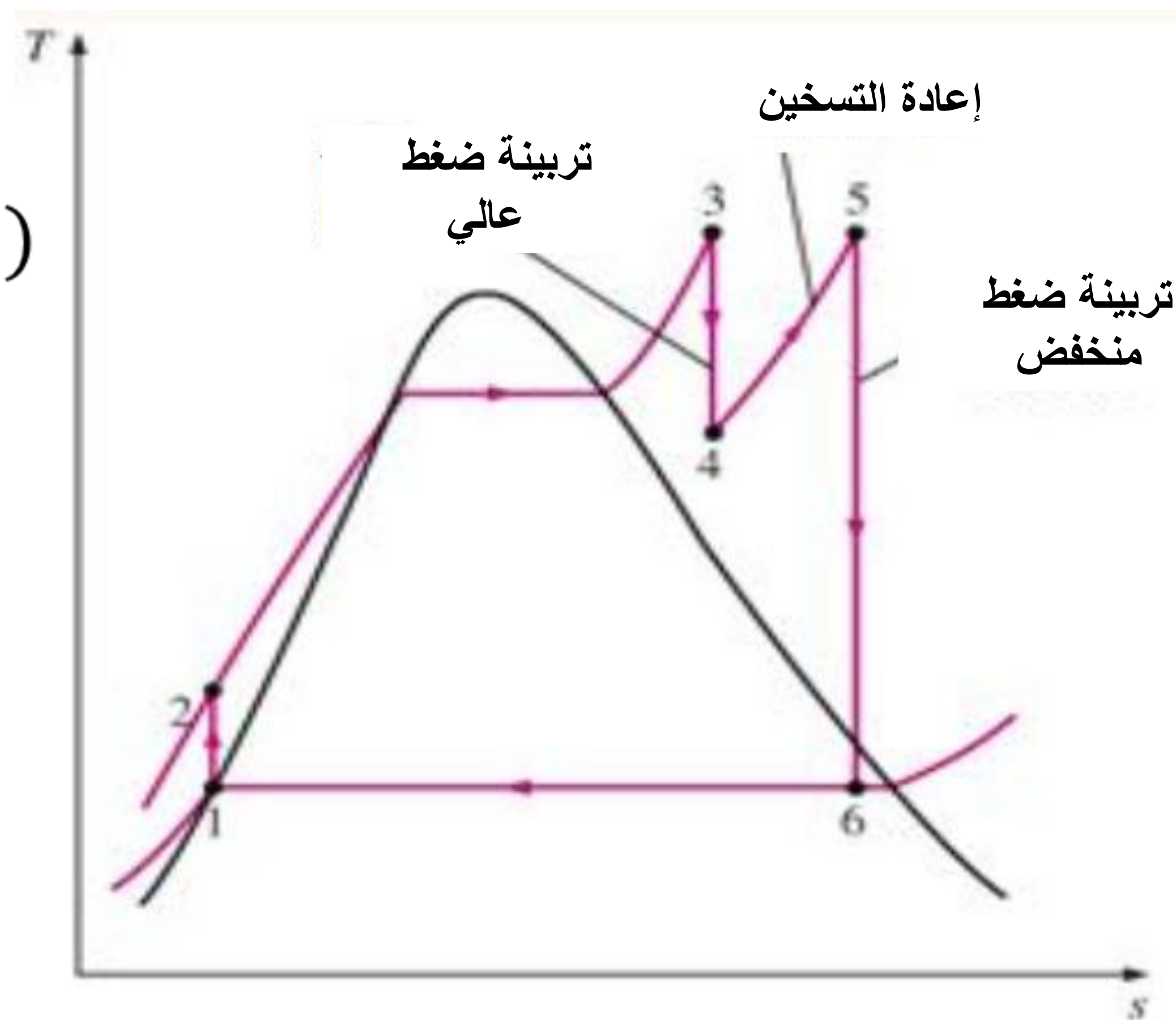
مفاهيم حول المحطات
النووية

Cycle à resurchauffe

$$Q_c = (h_3 - h_2) + (h_5 - h_4)$$

$$W_t = W_{t1} + W_{t2}$$

$$= (h_3 - h_4) + (h_5 - h_6)$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

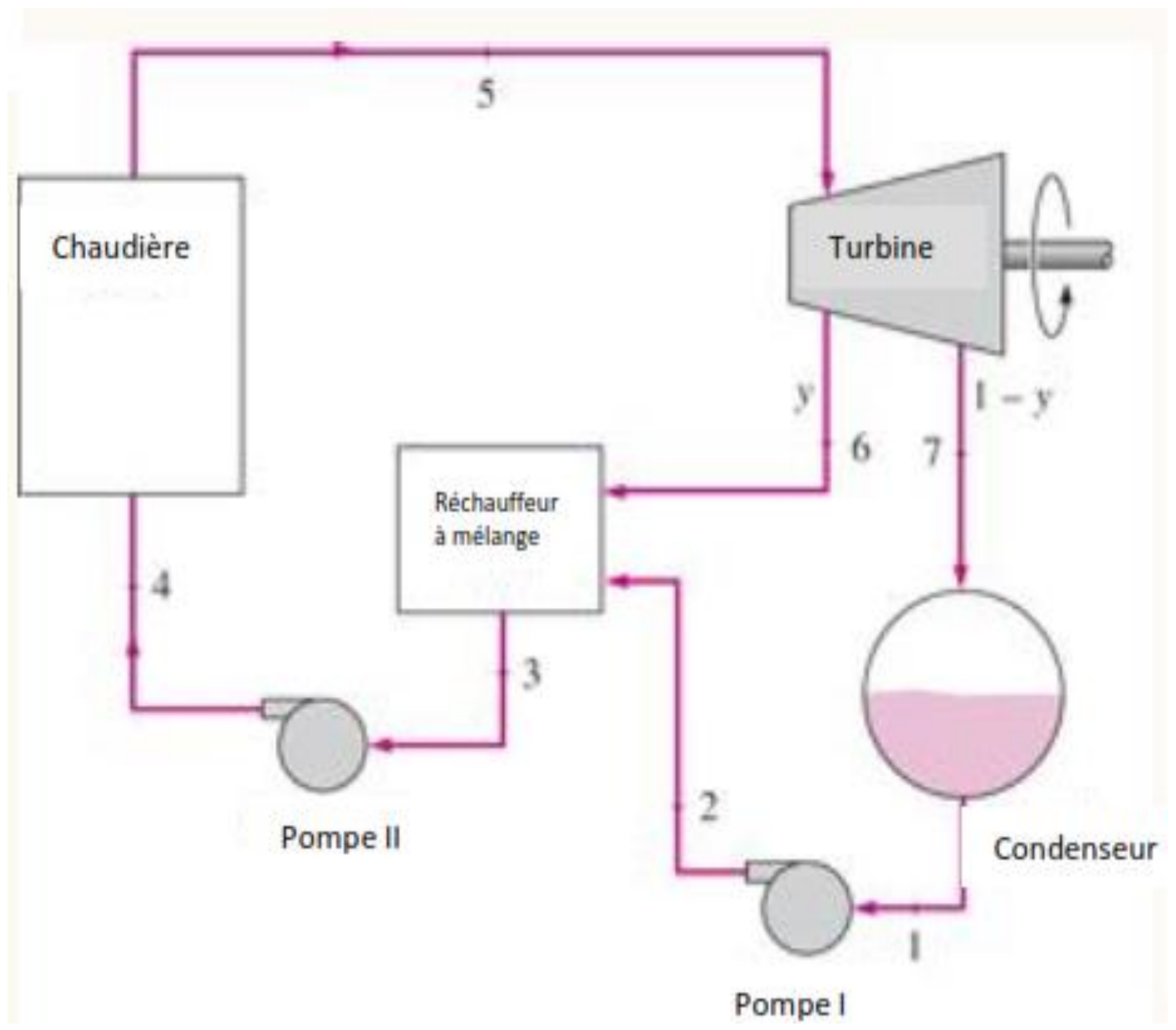
Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle à régénération

Une petite partie de la vapeur soutirée de la turbine et détournée dans un échangeur de chaleur appelé un régénérateur



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

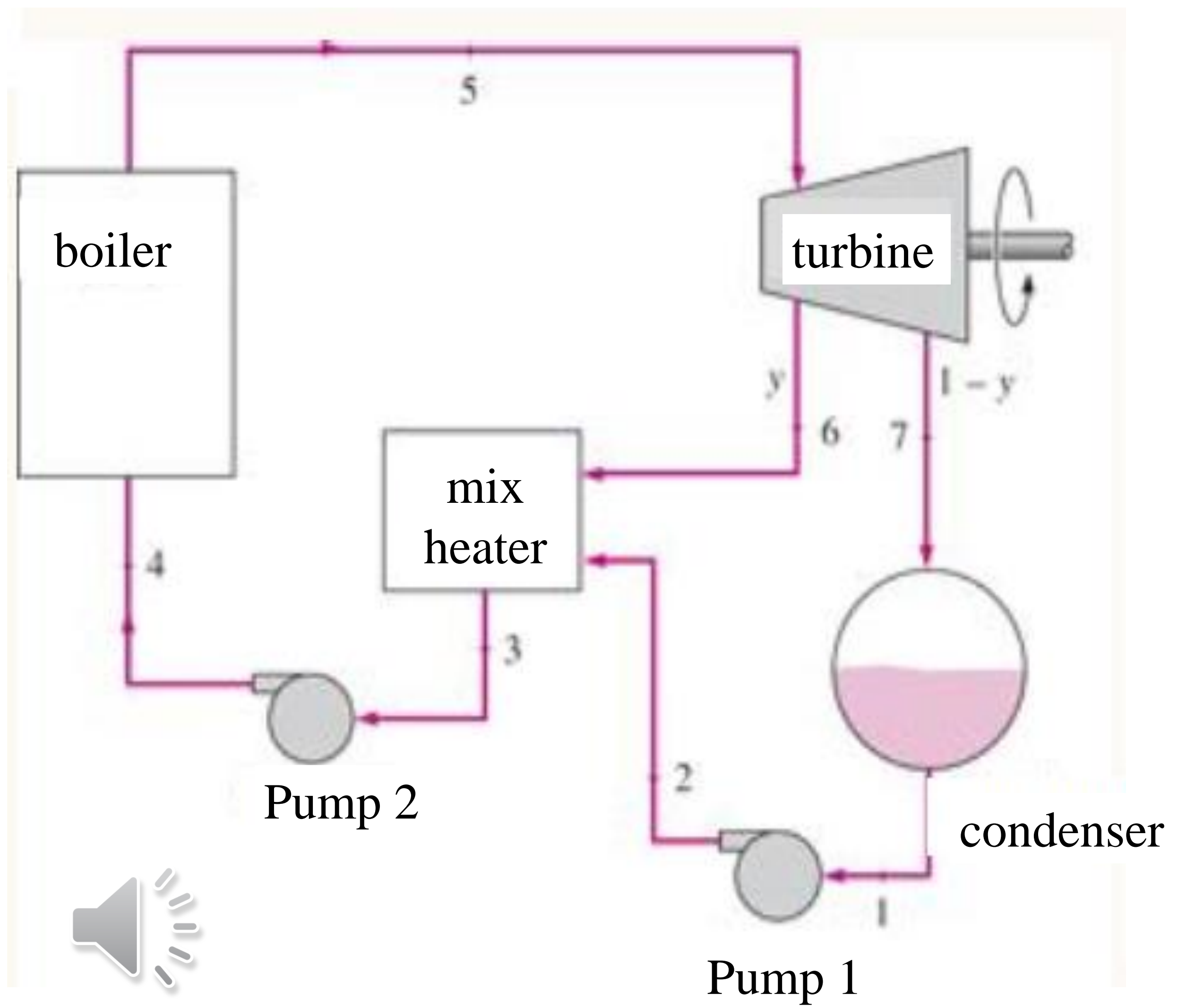
Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Cycle with one or more steam extractions

Regenerative Cycle

A small portion of steam extracted from the turbine is diverted into a heat exchanger called a regenerator.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

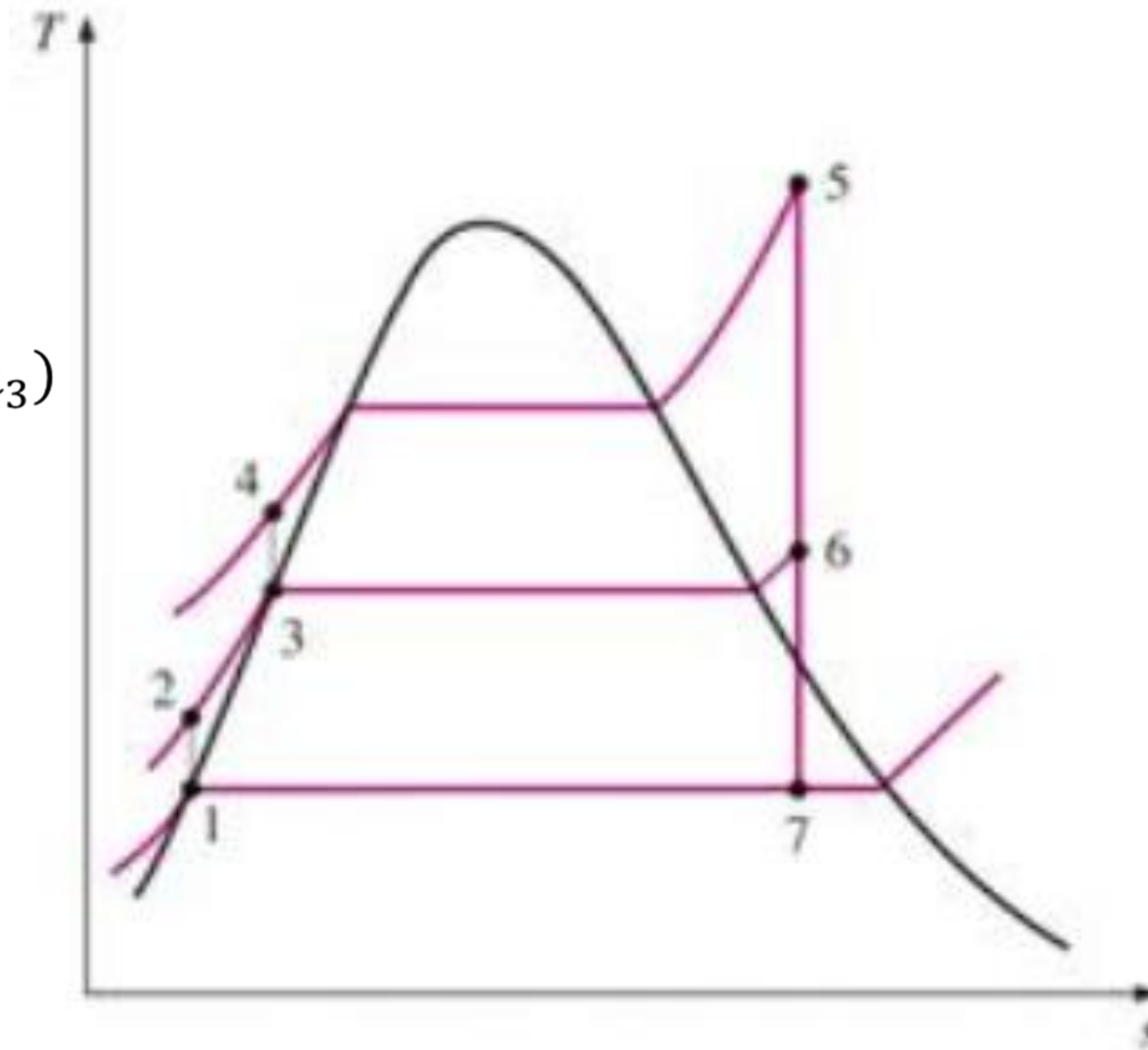
$$Q_c = h_5 - h_4$$

$$Q_f = (1 - y) \cdot (h_7 - h_1)$$

$$W_p = W_{p1} + W_{p2} = (1 - y)(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3)$$

$$W_t = W_{t1} + W_{t2} = (h_5 - h_6) + (1 - y)(h_6 - h_7)$$

$$y = \dot{m}_6 / \dot{m}_5$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

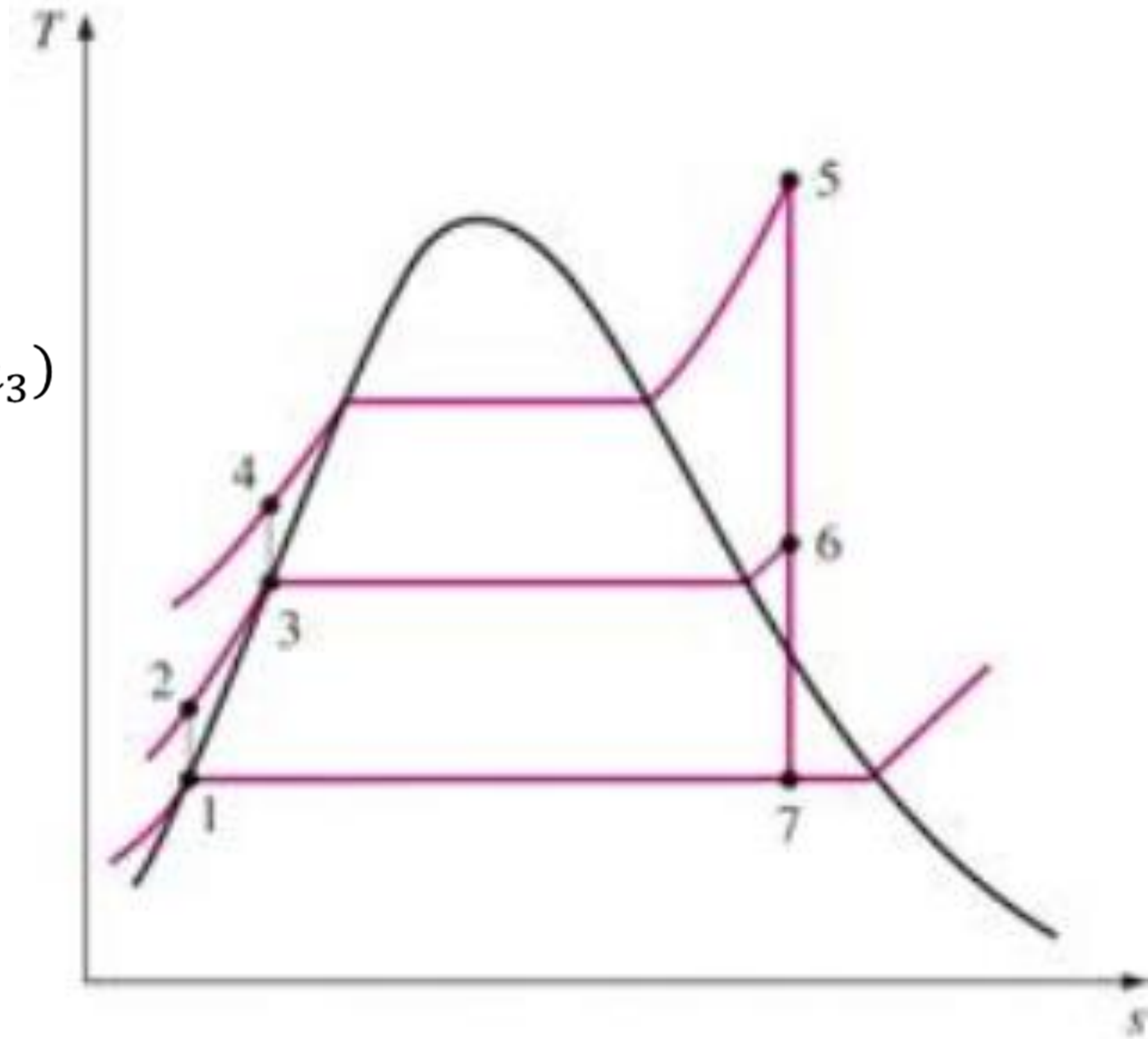
$$Q_c = h_5 - h_4$$

$$Q_f = (1 - y) \cdot (h_7 - h_1)$$

$$W_p = W_{p1} + W_{p2} = (1 - y)(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3)$$

$$W_t = W_{t1} + W_{t2} = (h_5 - h_6) + (1 - y)(h_6 - h_7)$$

$$y = \dot{m}_6 / \dot{m}_5$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

$$Q_c = h_5 - h_4$$

$$Q_f = (1 - y) \cdot (h_7 - h_1)$$

$$W_p = W_{p1} + W_{p2}$$

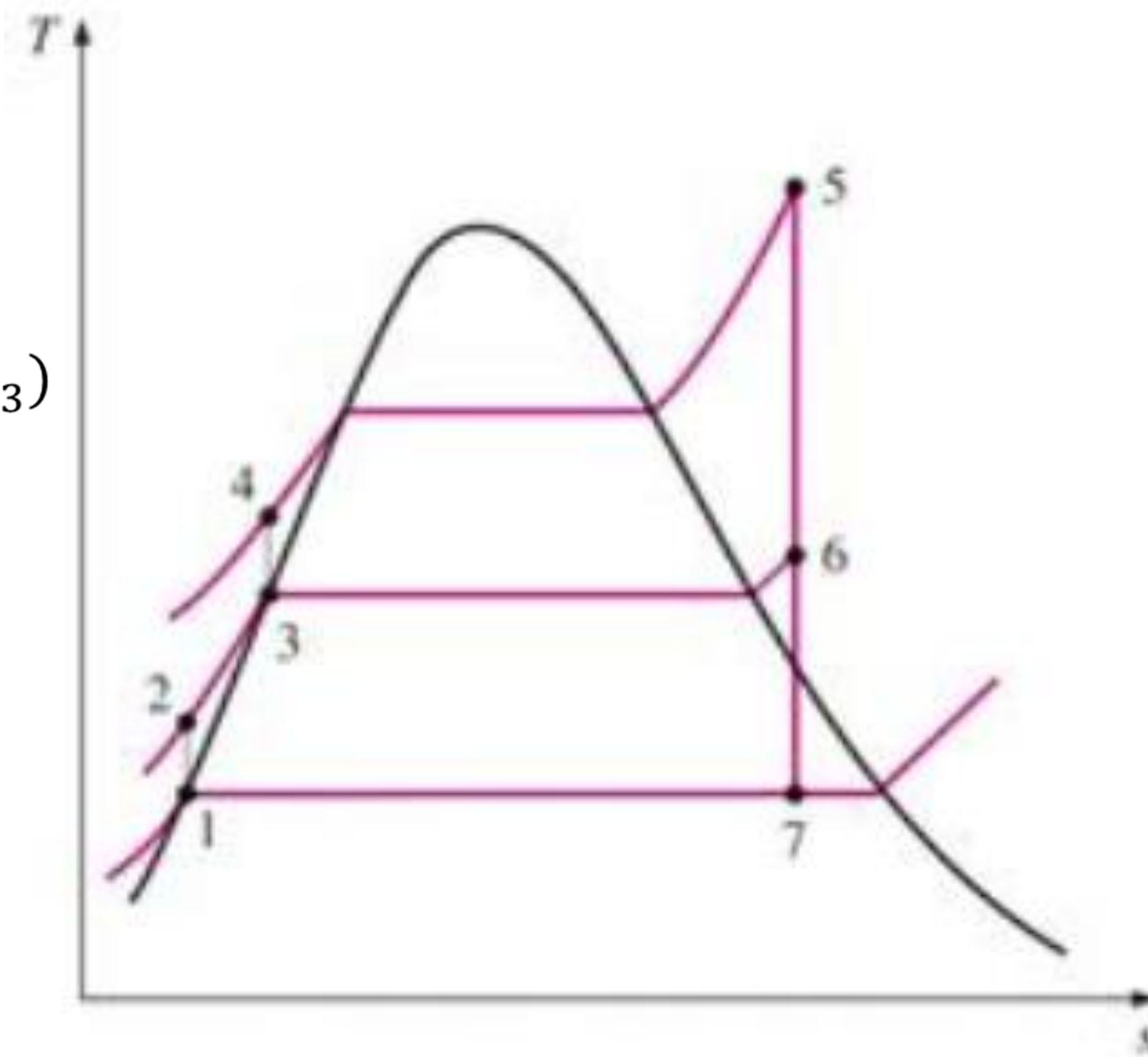
$$= (1 - y)(h_2 - h_1) + (h_4 - h_3)$$

$$W_t = W_{t1} + W_{t2}$$

$$= (h_5 - h_6)$$

$$+ (1 - y)(h_6 - h_7)$$

$$y = \dot{m}_6 / \dot{m}_5$$



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le
changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs
soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-
vapeur

Centrales thermiques
à vapeur

Installations hybrides
(solaire-gaz)

Installations à
cogénération

Notion sur les
centrales nucléaires.

EXERCICE

On considère un cycle à régénération fonctionnant avec la vapeur d'eau. La vapeur sort de la chaudière et entre dans la turbine à 4 Mpa et 400°C. Après une détente dans la turbine jusqu'à 400 kPa, une partie de la vapeur est extraite de la turbine afin de chauffer l'eau d'alimentation dans un réchauffeur. La pression dans le réchauffeur est de 400 kPa et l'eau qui en sort est à l'état de liquide saturé à 400 kPa.

La vapeur non extraite se détend jusqu'à 10 kPa.

Déterminer le rendement du cycle

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants



EXERCISE

We consider a regenerative cycle operating with steam. The steam leaves the boiler and enters the turbine at 4 Mpa and 400°C. After expansion in the turbine to 400 kPa, part of the steam is extracted from the turbine to heat the feed water in a heater. The pressure in the heater is 400 kPa and the water coming out of it is in the state of a saturated liquid at 400 kPa. Unextracted steam expands up to 10 kPa.

Determine Cycle Yield

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

تمرين

نعتبر دورة تعمل بالتجديد وتعمل بالبخار. يترك البخار المرجل ويدخل التوربين عند 4 ميجاباسكال و 400 درجة مئوية. بعد التمدد في التوربين إلى 400 كيلوباسكال، يتم استخراج جزء من البخار من التوربين لتسخين مياه التغذية في مبادل حراري يسمى المسخن. الضغط في المسخن هو 400 كيلوباسكال والماء الخارج منه هو في حالة سائل مشبع عند 400 كيلوباسكال. البخار غير المستخرج يمتد حتى 10 كيلوباسكال.

حدد عائد الدورة

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

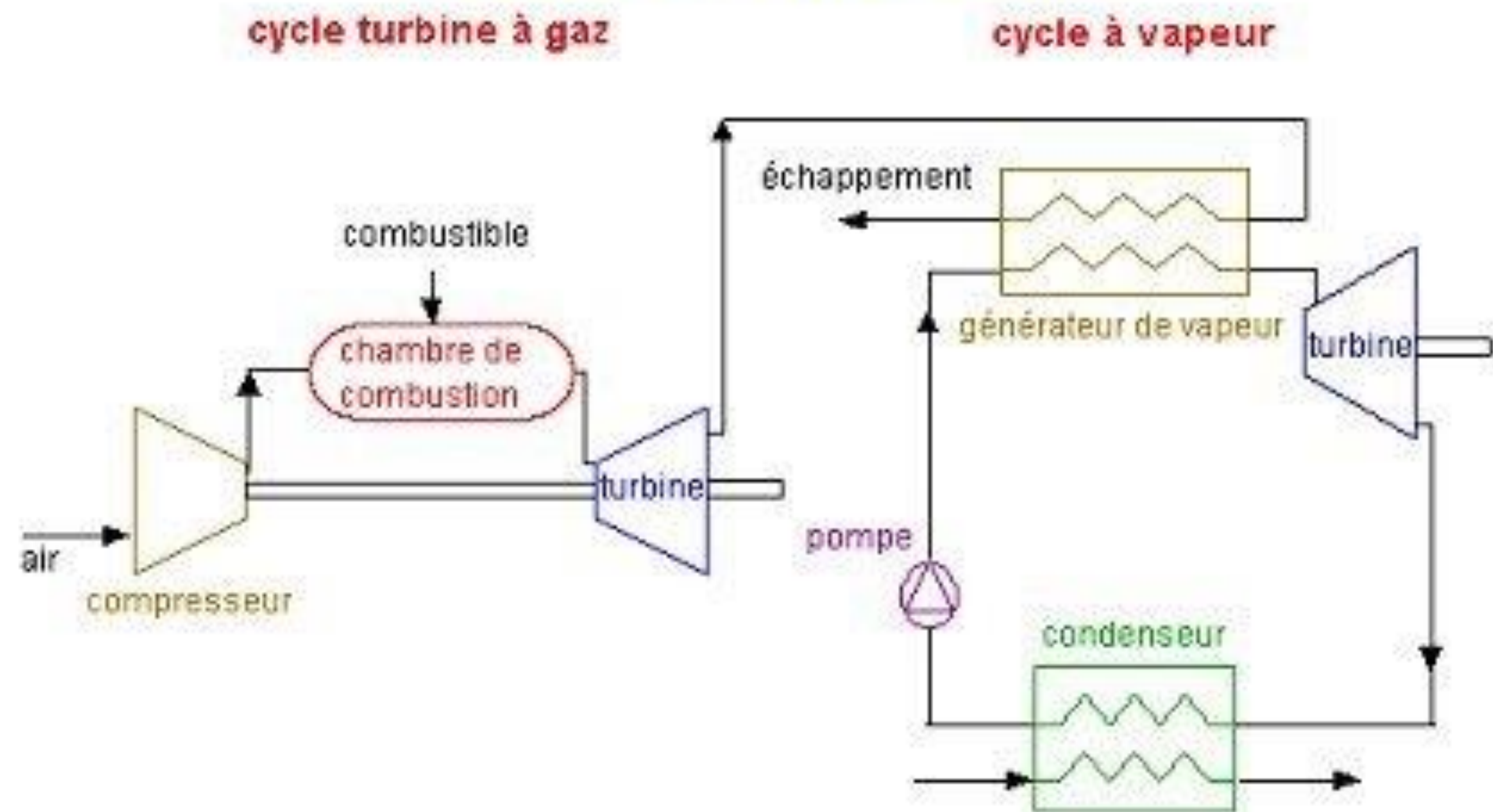
Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Cycle mixte gaz-vapeur :

Une centrale à cycle combiné, est une centrale thermique qui associe deux types de turbines : turbine à gaz et turbine à vapeur. Chacune de ces turbines entraîne une génératrice qui produit de l'électricité.

schéma d'un cycle combiné



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

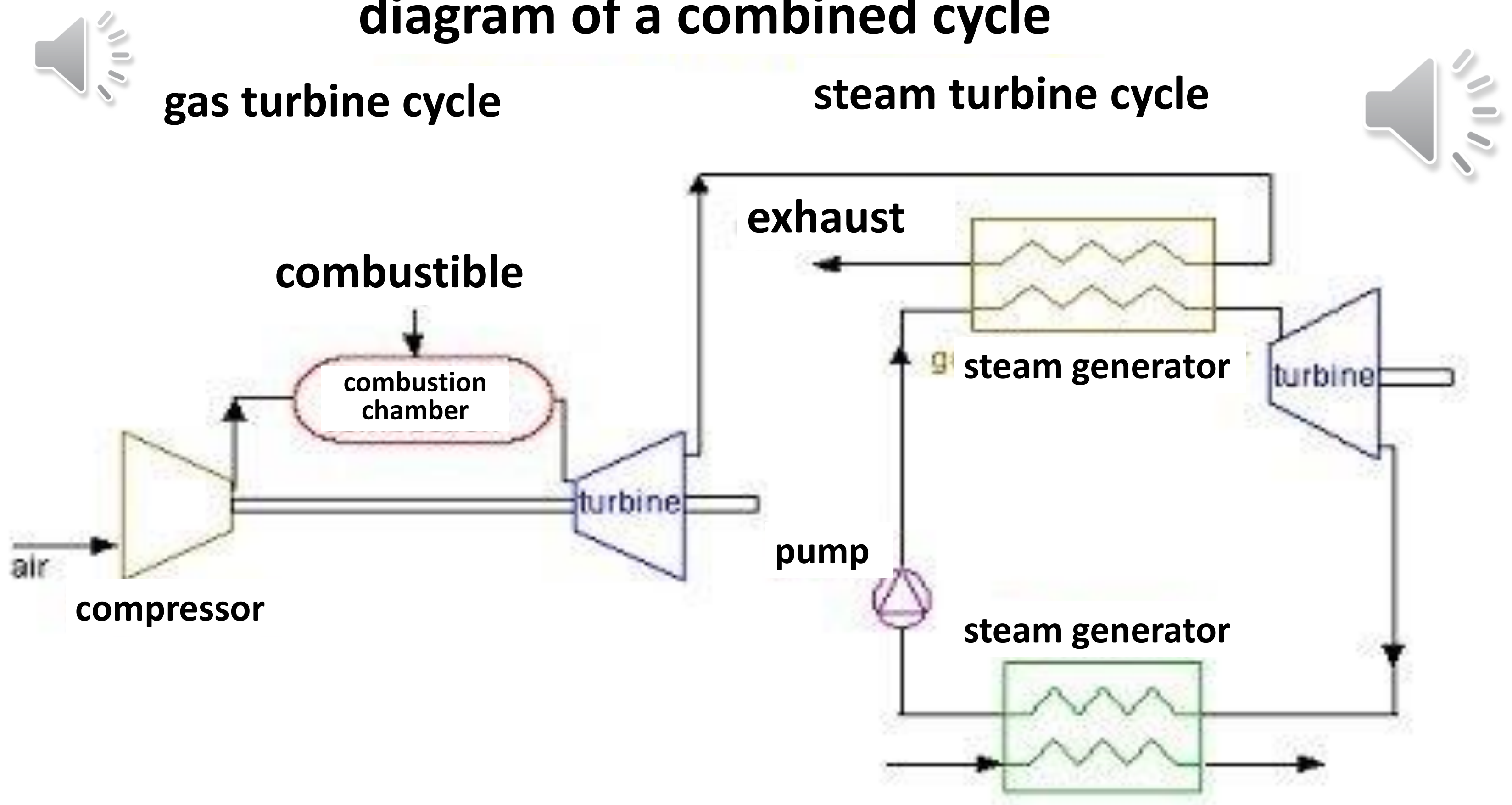
Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Mixed gas-vapor cycle:

A combined cycle power plant is a thermal power plant that combines two types of turbines: gas turbine and steam turbine. Each of these turbines drives a generator that produces electricity.

diagram of a combined cycle



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

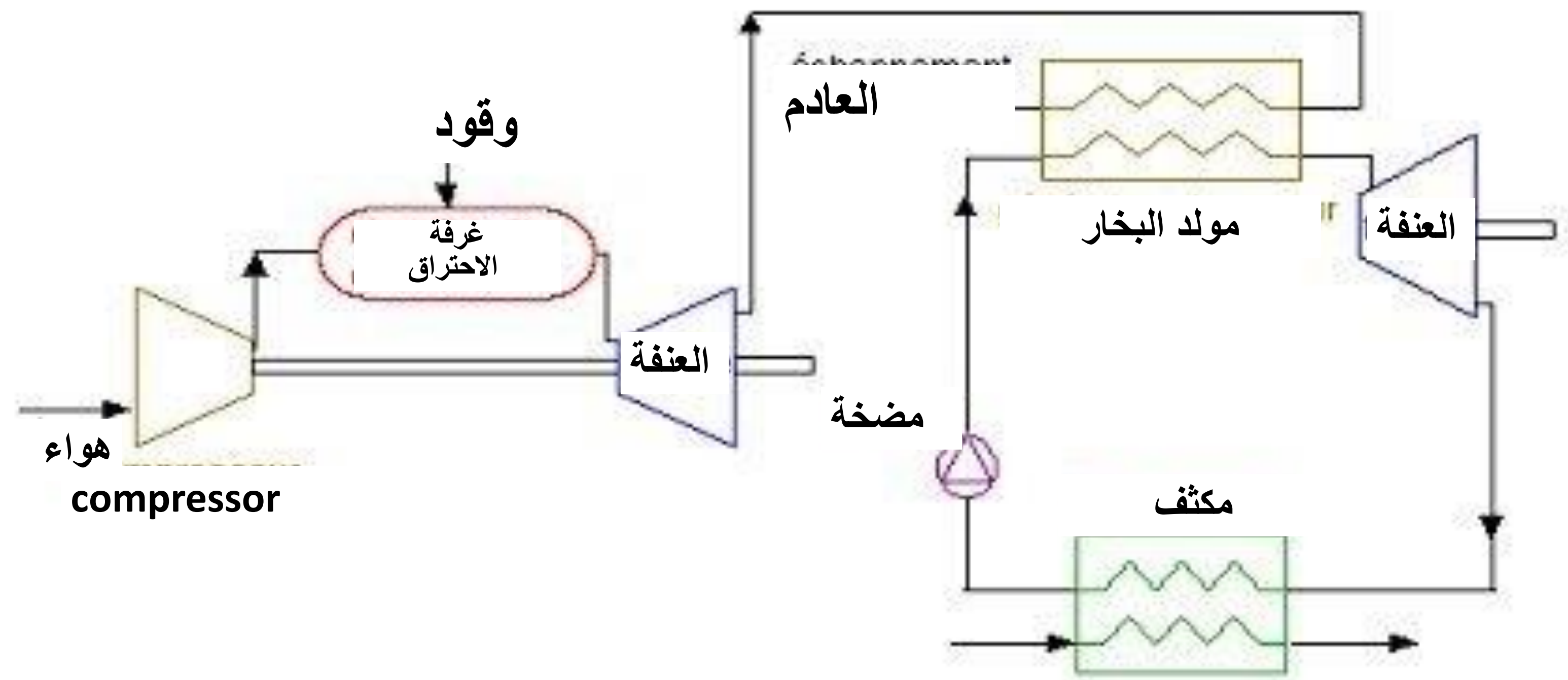
دورة بخار الغاز المختلط:

محطة توليد الطاقة ذات الدورة المركبة هي محطة طاقة حرارية تجمع بين نوعين من التوربينات: التوربينات الغازية والتوربينات البخارية. كل من هذه التوربينات تقوم بتشغيل مولد ينتج الكهرباء.

رسم تخطيطي لدورة مركبة

دورة التوربينات الغازية

دورة التوربينات البخارية



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

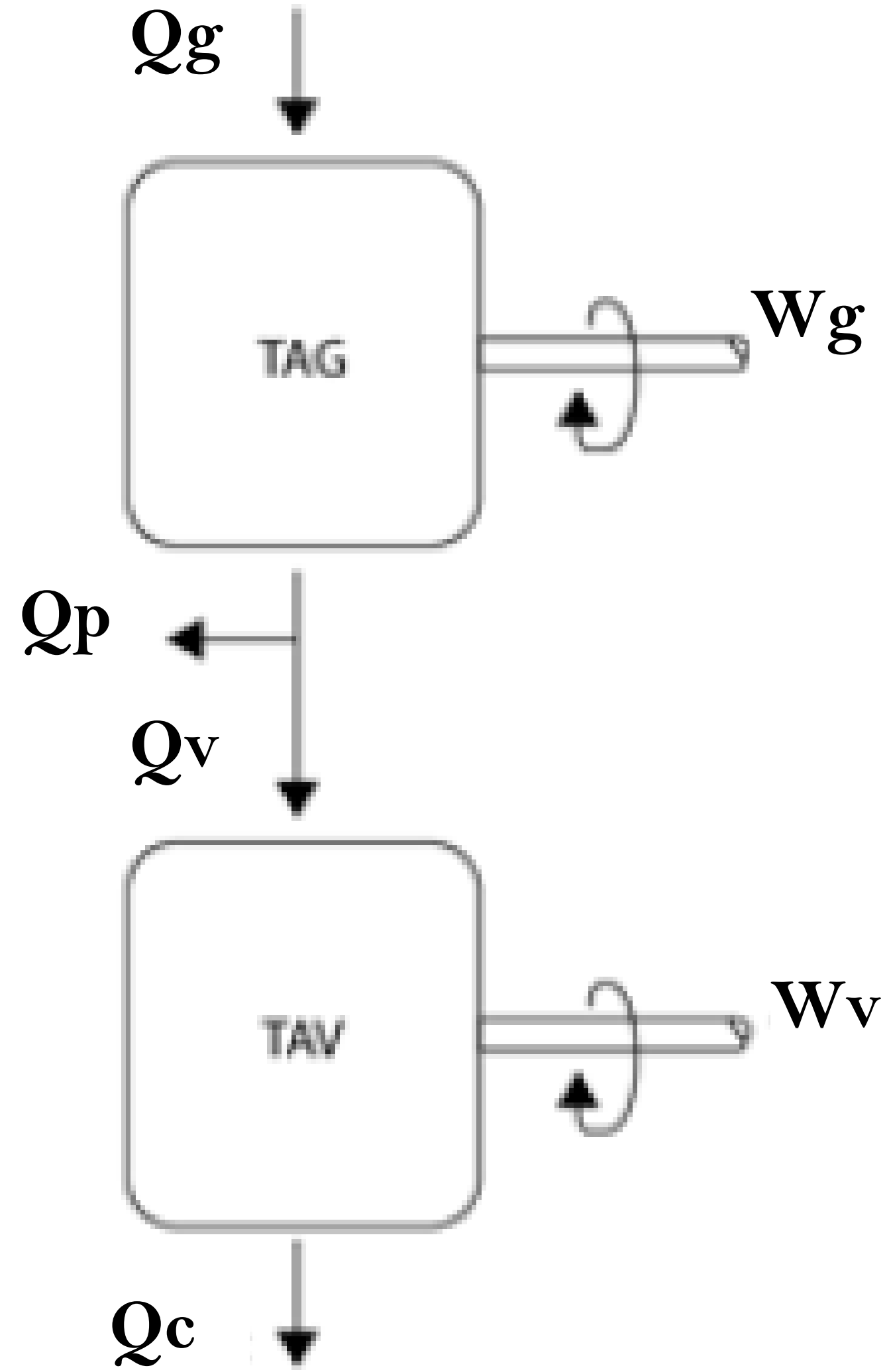
Notion sur les centrales nucléaires.

Échanges enthalpiques dans un cycle combiné

Les échanges enthalpiques au sein d'un cycle combiné peuvent être résumés par le schéma de cette figure :

la turbine à gaz reçoit la chaleur Q_g de la source chaude. Il en sort d'une part un travail utile W_g , et d'autre part une chaleur ($Q_v + Q_p$). Le premier terme correspond à la chaleur fournie au cycle à vapeur, le second à des pertes ;

le cycle à vapeur produit un travail utile W_v , et rejette au condenseur la chaleur Q_c .



Échanges d'énergie dans un cycle combiné

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

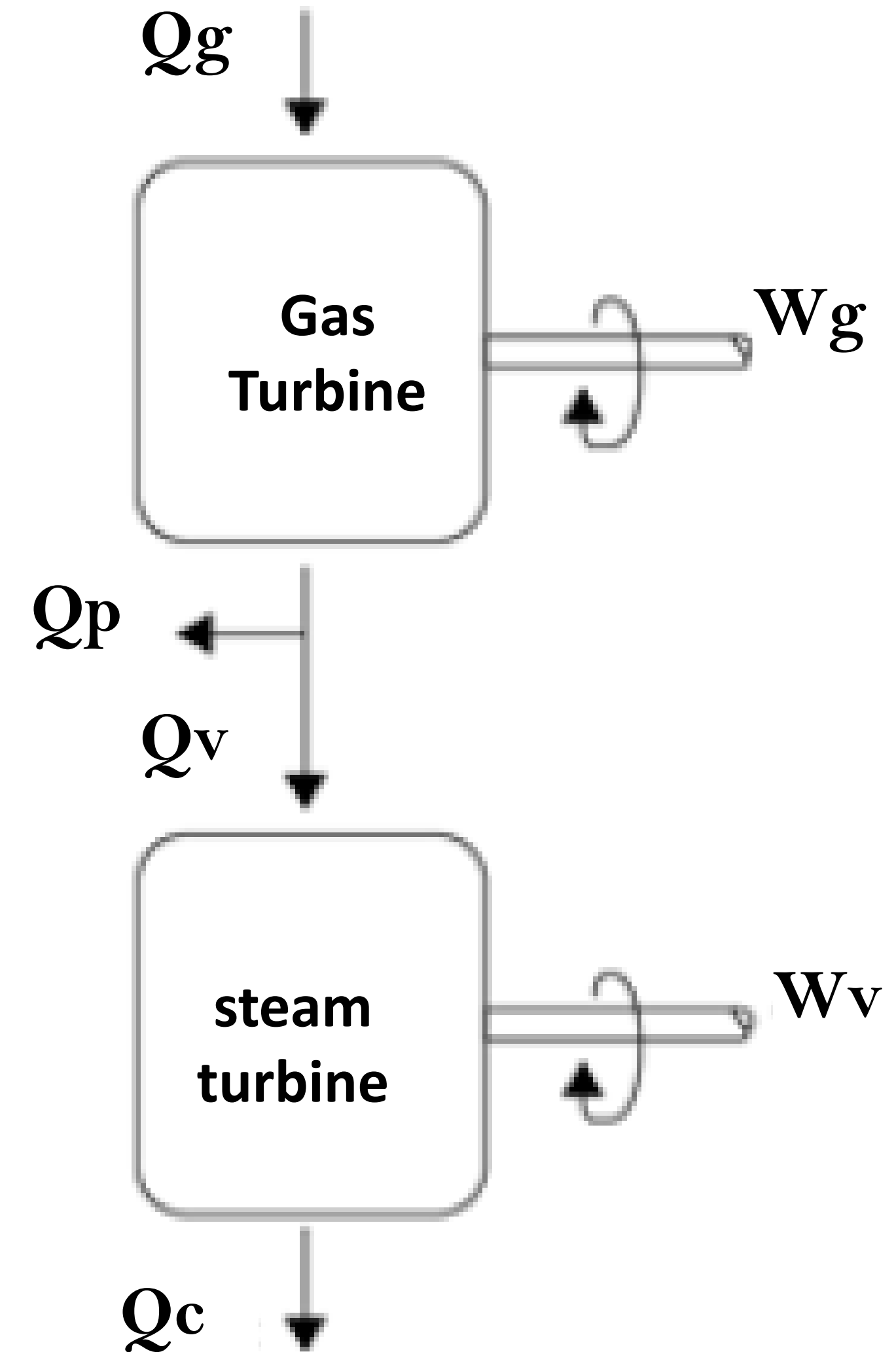
Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Enthalpy exchanges in a combined cycle



The enthalpy exchanges within a combined cycle can be summarized by the diagram in this figure: the gas turbine receives heat Q_g from the hot source. On the one hand a useful work W_g comes out, and on the other hand a heat $(Q_v + Q_p)$. The first term corresponds to the heat supplied to the steam cycle, the second to losses; the steam cycle produces useful work W_v , and rejects the heat Q_c at the condenser.



Energy exchanges in a combined cycle

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

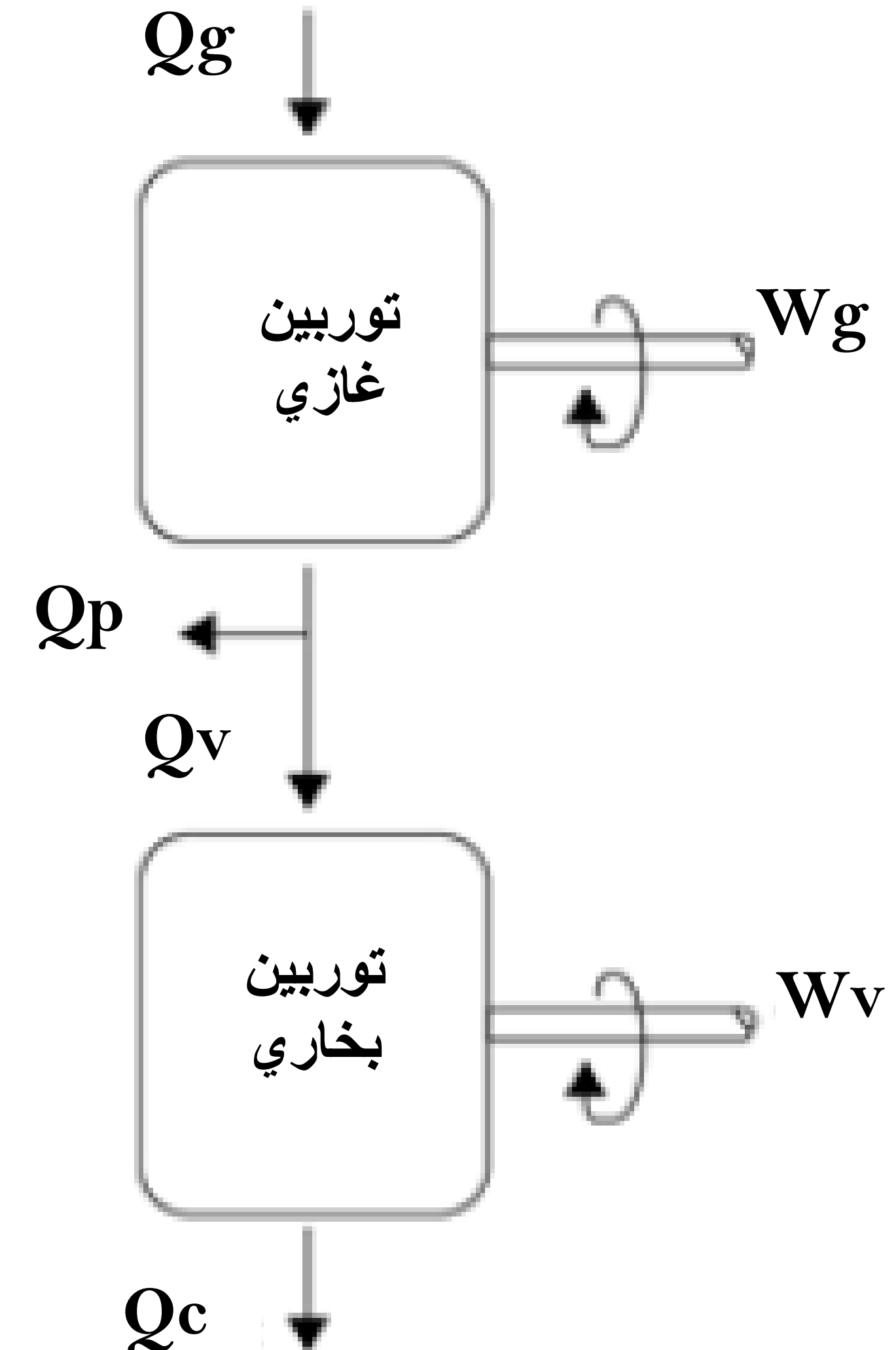
المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

تبادل الإنتالبي في دورة مختلطة

يمكن تلخيص تبادل الإنتالبي في دورة مختلطة من خلال الرسم البياني في هذه الشكل: التوربين الغازي يتلقى حرارة Q_g من المصدر الساخن. من جهة، يخرج عمل مفيد W_g ، ومن جهة أخرى، تتم فقد حرارة ($Q_p + Q_v$ المصطلح الأول يتوافق مع الحرارة المزودة لدورة البخار، والثاني يتوافق مع الخسائر. تولد دورة البخار عمل مفيد W_v ، وترفض حرارة Q_c في المكثف.



تبادل الطاقة في دورة مختلطة.

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-Vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Soit η_g le rendement de la turbine à gaz, η_v celui du cycle à vapeur, η_{cc} celui du cycle combiné, et ε l'efficacité du Générateur de Vapeur, c'est-à-dire le rapport de Q_v à $Q_p + Q_v$

Le rendement thermique cc du cycle combiné se calcule comme suit

$$\eta_{cc} = \frac{W_g + W_v}{Q_g} = \eta_g + \frac{Q_v}{Q_g} \eta_v$$

Avec :

g : le rendement de la turbine à gaz

v : le rendement de la turbine à vapeur

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

Let η_g be the efficiency of the gas turbine, η_v that of the steam cycle, η_{cc} that of the combined cycle, and ε the efficiency of the Steam Generator, i.e. the ratio of Q_v to $Q_p + Q_v$



The DC thermal efficiency of the combined cycle is calculated as follows

$$\eta_{cc} = \frac{W_g + W_v}{Q_g} = \eta_g + \frac{Q_v}{Q_g} \eta_v$$

With :

g: the efficiency of the gas turbine

v: the efficiency of the steam turbine

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

لنفترض أن η_g هي كفاءة التوربين الغازي ، و η_v كفاءة دورة البخار ، و η_{cc} للدورة المركبة ، و كفاءة مولد البخار ، أي نسبة Q_v إلى $Q_p + Q_v$

يتم حساب الكفاءة الحرارية DC للدورة المركبة على النحو التالي

$$\eta_{cc} = \frac{W_g + W_v}{Q_g} = \eta_g + \frac{Q_v}{Q_g} \eta_v$$

مع :

η_g : كفاءة التوربينات الغازية

η_v : كفاءة التوربينات البخارية

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-Vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

Le terme $\frac{Q_v}{Q_g}$ dans l'expression de η_{cc} peut être écrit en fonction de l'efficacité d'une chaudière de récupération η_{CR} car on a :

$$\eta_{CR} = \frac{Q_v}{Q_P + Q_v} = \frac{1}{1 - \eta_g} \frac{Q_v}{Q_g}$$

d'où :

$$\eta_{cc} = \eta_g + \eta_{CR} (1 - \eta_g) \eta_v$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

The term $\frac{Q_v}{Q_g}$ in the expression for cc can be written in terms of the efficiency of a recovery boiler η_{CR} because we have:

$$\eta_{CR} = \frac{Q_v}{Q_P + Q_v} = \frac{1}{1 - \eta_g} \frac{Q_v}{Q_g}$$



from where :

$$\eta_{cc} = \eta_g + \eta_{CR} (1 - \eta_g) \eta_v$$

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النوية

يمكن كتابة المصطلح $\frac{Q_v}{Q_g}$ في تعبير η_{CR} من حيث كفاءة غلاية الاسترداد η_{CR} لأن لدينا:

$$\eta_{CR} = \frac{Q_v}{Q_P + Q_v} = \frac{1}{1 - \eta_g} \frac{Q_v}{Q_g}$$

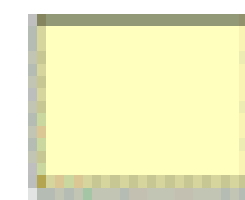
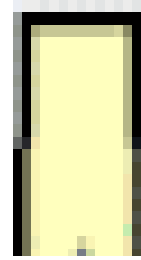
ومنه

$$\eta_{cc} = \eta_g + \eta_{CR} (1 - \eta_g) \eta_v$$

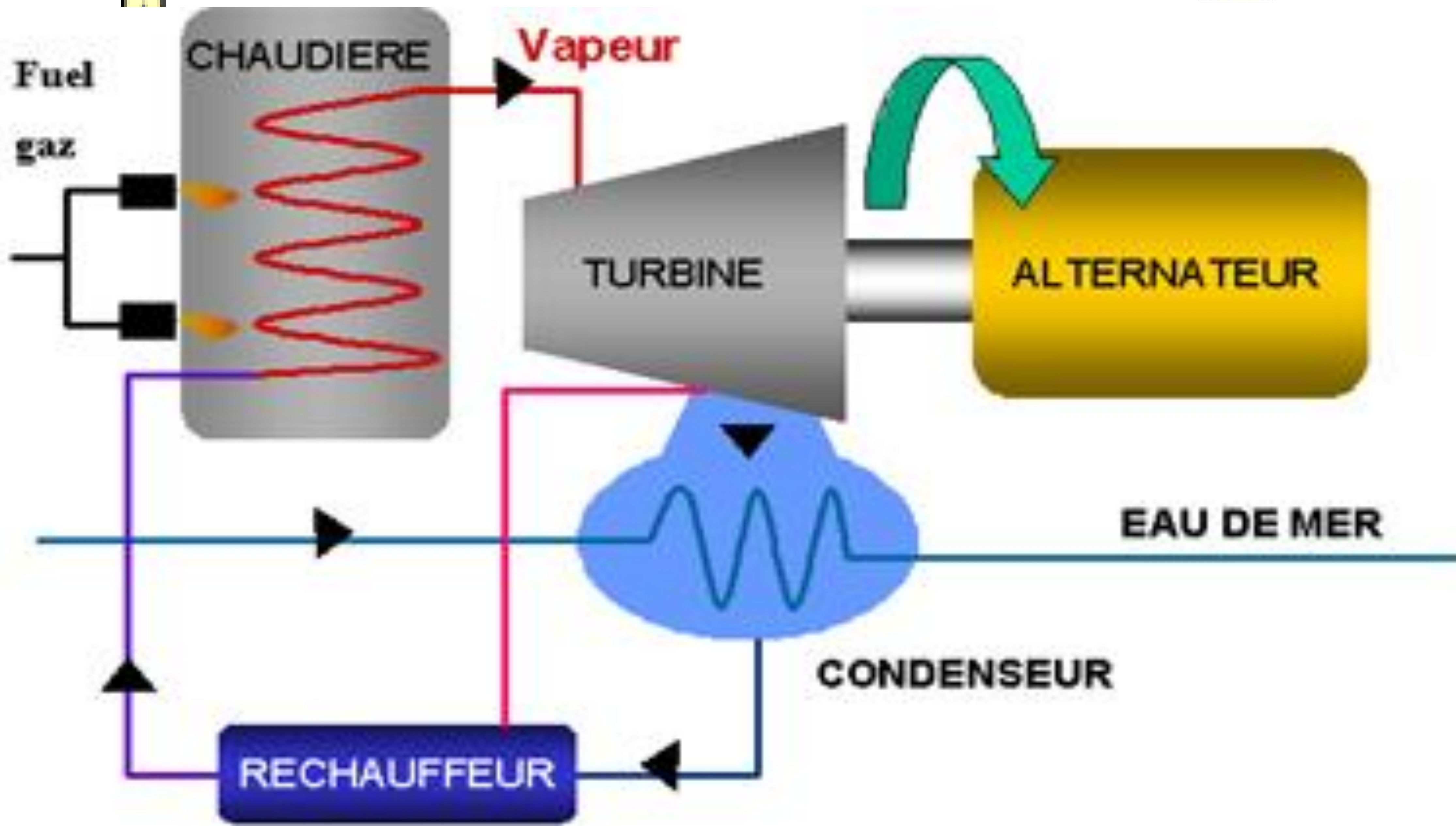
CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.



Cheminée



Fumées



Dispositifs antipollution Brûleur Pulvérisateur Pompe Condenseur Eau de refroidissement

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le
changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs
soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-
vapeur)

Centrales thermiques
à vapeur

Installations hybrides
(solaire-gaz)

Installations à
cogénération

Notion sur les
centrales nucléaires.

Une centrale thermique solaire à concentration comme toute installation thermodynamique solaire, doit remplir les mêmes fonctions pour transformer l'énergie du rayonnement incident en énergie électrique avec la meilleure efficacité possible et cela selon les étapes suivantes la concentration du rayonnement sur l'entrée du récepteur,

- son absorption sur les parois du récepteur et la transformation de son énergie en chaleur,
- le transport et éventuellement le stockage de cette chaleur,
- sa délivrance à un cycle thermodynamique associé à un alternateur pour la production d'électricité.

Parmi les techniques de conversion d'énergie solaire en électricité, la voie électro-thermo-solaire à l'aide d'un cycle combiné. Son principe de fonctionnement réside dans la récupération de la chaleur de combustion des gaz dans la turbine, en vue de la production de vapeur dans une chaudière de récupération (CR) appelé aussi générateur de vapeur-récupérateur (GVR) qui elle-même sert à alimenter une deuxième turbine

Voir **Cycle mixte (gaz-vapeur)**

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations (solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear power plants

A concentrated solar thermal power plant like any solar thermodynamic installation, must fulfill the same functions to transform the energy of the incident radiation into electrical energy with the best possible efficiency and this according to the following steps the concentration of the radiation on the input of the receiver, its absorption on the walls of the receiver and the transformation of its energy into heat, the transport and possibly the storage of this heat, its delivery to a thermodynamic cycle associated with an alternator for the production of electricity. Among the techniques for converting solar energy into electricity, the electro-thermo-solar way using a combined cycle. Its principle of operation lies in the recovery of the combustion heat of the gases in the turbine, for the production of steam in a recovery boiler (CR) also called steam generator-recovery (GVR) which itself is used to supply a second turbine See Mixed cycle (gas-steam)



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

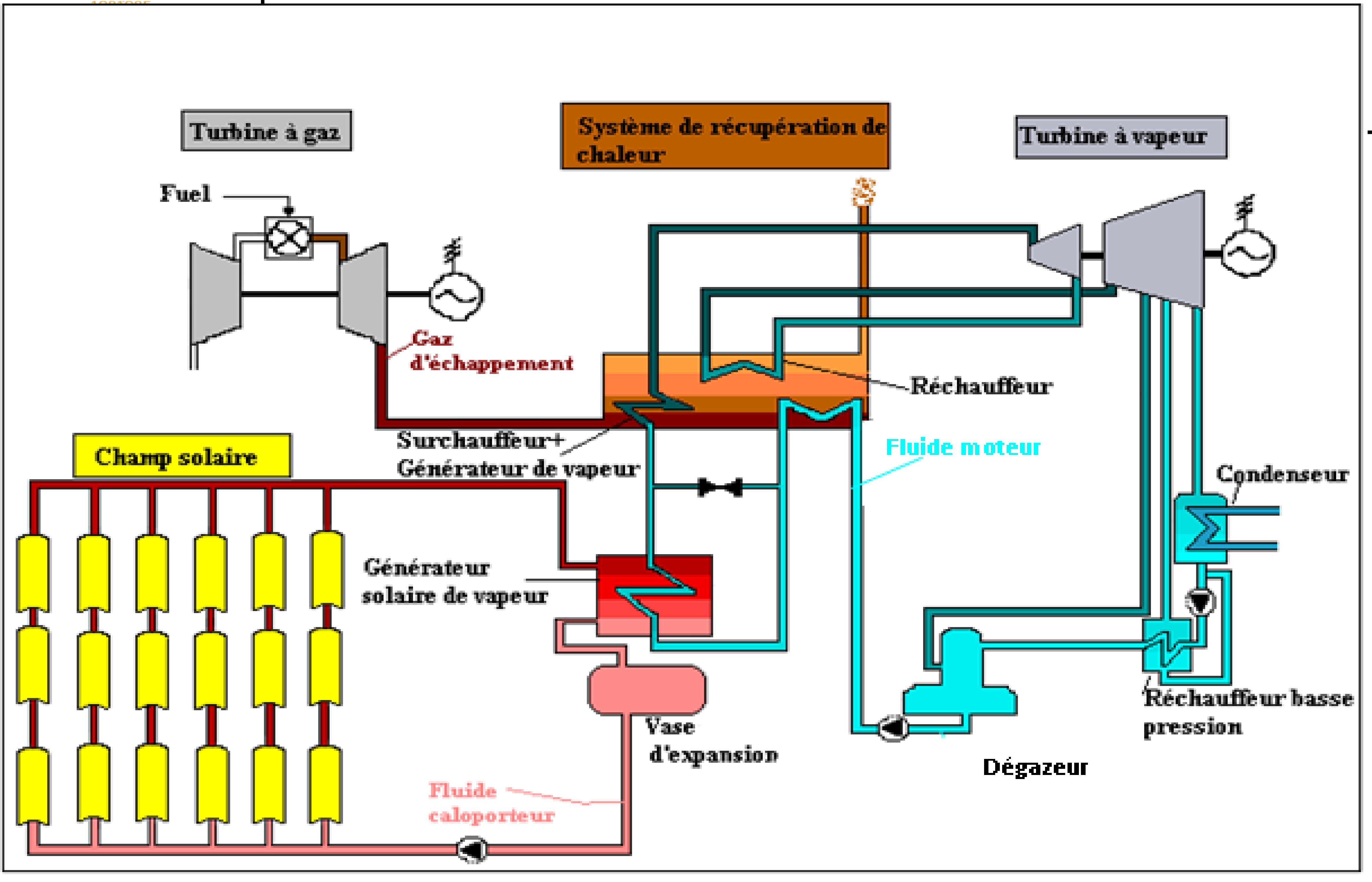
محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

يجب أن تؤدي محطة الطاقة الحرارية الشمسية المركزة مثل أي تركيب حراري شمسي ، نفس الوظائف لتحويل طاقة الإشعاع الساقط إلى طاقة كهربائية بأفضل كفاءة ممكنة وهذا وفقاً للخطوات التالية: تركيز الإشعاع على مدخلات المتلقي، امتصاصه على جدران جهاز الاستقبال وتحويل طاقته إلى حرارة ، نقل وربما تخزين هذه الحرارة ، إيصالها إلى دورة ديناميكية حرارية مرتبطة بمولد كهربائي لإنتاج الكهرباء. من بين تقنيات تحويل الطاقة الشمسية إلى كهرباء ، الطريقة الكهروحرارية الشمسية باستخدام الدورة المركبة. يكمن مبدأ عملها في استرداد حرارة احتراق الغازات في التوربين ، لإنتاج البخار في غلاية الاسترداد (CR) تسمى أيضاً استرداد مولد البخار (GVR) والتي تستخدم نفسها لتزويد التوربينات الثانية انظر الدورة المختلطة (الغاز والبخار)



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le
changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs
soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-
vapeur

Centrales thermiques
à vapeur

Installations hybrides
(solaire-gaz)

Installations à
cogénération

Notion sur les
centrales nucléaires.

On appelle cogénération la production combinée d'énergie thermique et d'énergie mécanique ou d'électricité.

Les gaz de combustion très chauds sortant d'une turbine à gaz servent à réchauffer un fluide pour le chauffage des locaux.

De petites turbines de ce type peuvent être intégrées à de grands immeubles, à des quartiers administratifs, à des ensembles commerciaux, à des ateliers ou à des usines. La fumée produite par la combustion du gaz naturel, bien que provenant d'une plus grosse unité de consommation, est moins polluante que celles des anciennes chaudières à charbon ou à mazout qui servaient pour le chauffage des locaux.

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase
Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more
steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations
(solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear
power plants

Cogeneration is the combined production of thermal energy and mechanical energy or electricity. Very hot combustion gases exiting a gas turbine are used to heat a fluid for space heating. Small turbines of this type can be integrated into large buildings, administrative districts, commercial complexes, workshops or factories. The smoke produced by the combustion of natural gas, although coming from a larger consumption unit, is less polluting than that of old coal or oil boilers that were used for space heating.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

مفاهيم حول المحطات
النووية

التوليد المشترك هو الإنتاج المشترك للطاقة الحرارية والطاقة الميكانيكية أو الكهرباء. تُستخدم غازات الاحتراق شديدة السخونة الخارجة من التوربينات الغازية لتسخين سائل لتدفئة المكان. يمكن دمج التوربينات الصغيرة من هذا النوع في المباني الكبيرة أو المناطق الإدارية أو المجمعات التجارية أو الورش أو المصانع. الدخان الناتج عن احتراق الغاز الطبيعي ، على الرغم من أنه يأتي من وحدة استهلاك أكبر ، إلا أنه أقل تلويثًا من دخان الفحم أو غلايات الزيت القديمة التي كانت تستخدم لتدفئة الأماكن.

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

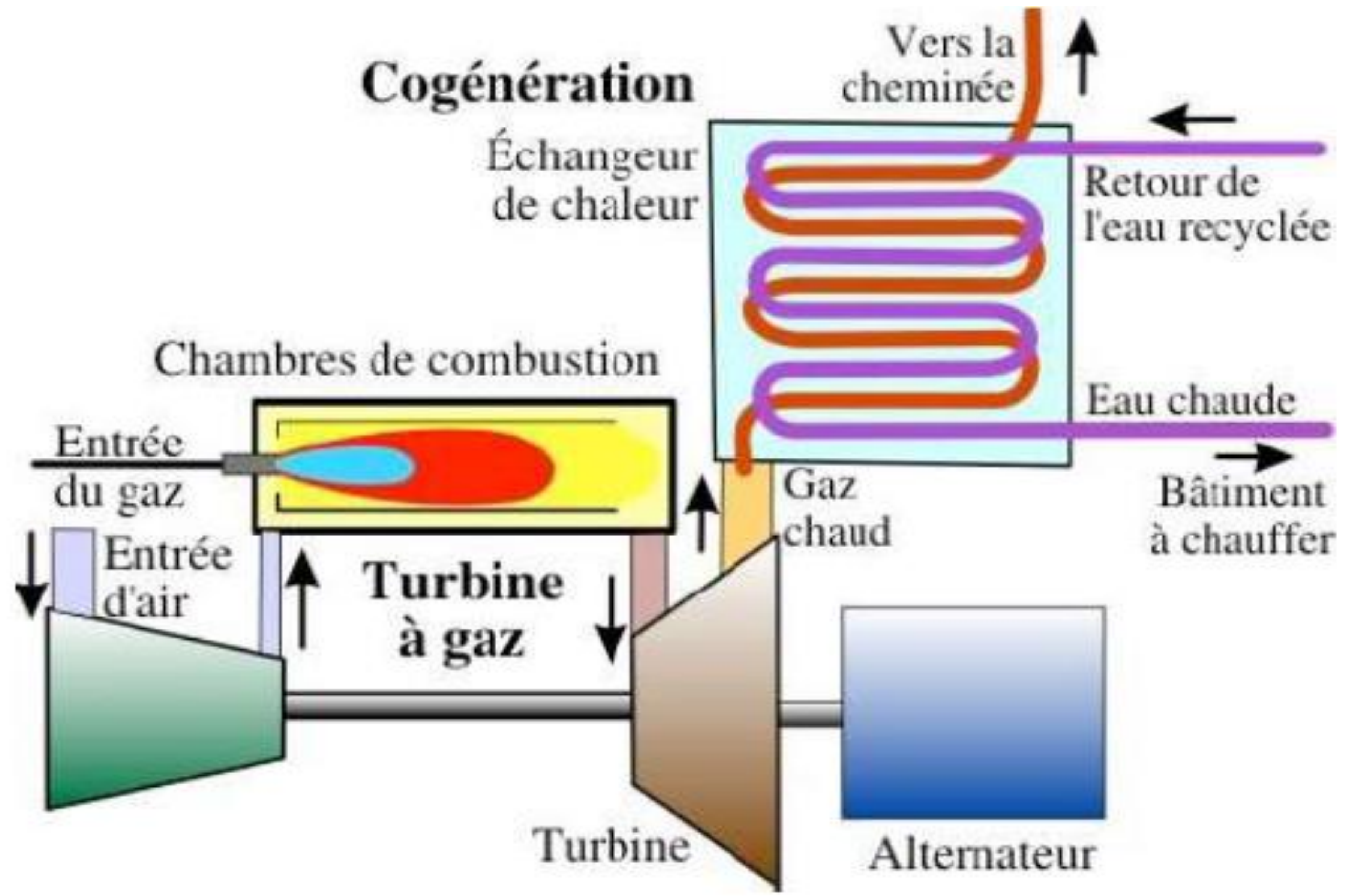
Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le
changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs
soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-
vapeur

Centrales thermiques
à vapeur

Installations hybrides
(solaire-gaz)

Installations à
cogénération

Notion sur les
centrales nucléaires.

Une **centrale nucléaire** produit de **l'énergie électrique** en utilisant la **fission nucléaire** pour produire la **chaleur** nécessaire à la production de l'électricité. Elle utilise pour cela la chaleur libérée par l'**uranium** qui constitue le "**combustible nucléaire**". L'objectif est de faire chauffer de l'eau afin d'obtenir de la vapeur. La pression de la vapeur permet de faire tourner à grande vitesse une **turbine**, laquelle entraîne un **alternateur** qui produit de l'électricité. (principe similaire à celui d'une centrale thermique)

محطة الطاقة النووية:

تنتج محطة للطاقة النووية طاقة كهربائية باستخدام الانشطار النووي لإنتاج الحرارة اللازمة لتوليد الكهرباء. يستخدم لهذا الغرض الحرارة المنبعثة من اليورانيوم الذي يشكل "الوقود النووي". الهدف هو تسخين الماء للحصول على البخار. يسمح ضغط البخار للتوربين بالدوران بسرعة عالية ، مما يدفع المولد الذي ينتج الكهرباء. (مبدأ مشابه لمبدأ محطة الطاقة الحرارية)

CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Recalls on Phase
Change

Rankine cycle

Hirn's cycle

Reheat cycle

Cycle with one or more
steam withdrawals

Mixed cycle (gas-steam)

Steam power plants

Hybrid installations
(solar-gas)

Cogeneration plants

Notion about nuclear
power plants

A nuclear power plant generates electrical energy by using nuclear fission to produce the heat needed to produce electricity. It uses for this the heat released by the uranium which constitutes the "nuclear fuel". The objective is to heat water in order to obtain steam. The steam pressure drives a turbine at high speed, which drives an alternator that produces electricity. (principle similar to that of a thermal power plant)



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

تذكير حول تغيير المرحلة
(تغير الحالة)

دورة رانكين

دورة هيرن

دورة بإعادة التسخين

دورة بخارية مع استخراج
بخار واحد أو أكثر

دورة مختلطة (غاز-بخار)

محطات توليد الطاقة الحرارية
بالبخار

المرافق الهجينة (الشمسية -
الغاز)

المرافق المشتركة لتوليد
الطاقة والحرارة

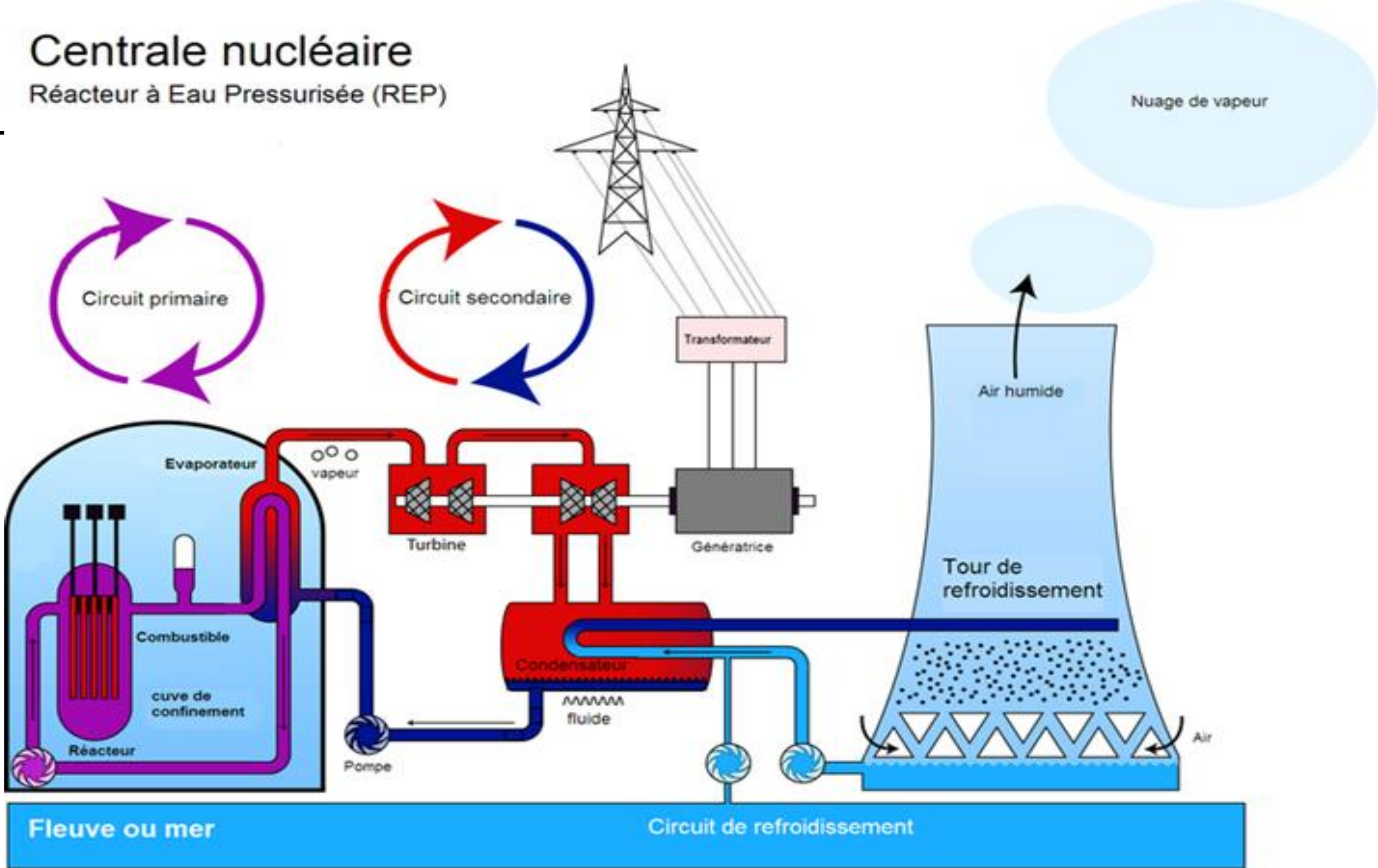
مفاهيم حول المحطات
النووية

محطة الطاقة النووية:

تنتج محطة للطاقة النووية طاقة كهربائية باستخدام الانشطار النووي لإنتاج الحرارة اللازمة لتوليد الكهرباء. يستخدم لهذا الغرض الحرارة المنبعثة من اليورانيوم الذي يشكل "الوقود النووي". الهدف هو تسخين الماء للحصول على البخار. يسمح ضغط البخار للتوربين بالدوران بسرعة عالية ، مما يدفع المولد الذي ينتج الكهرباء. (مبدأ مشابه لمبدأ محطة الطاقة الحرارية)

Centrale nucléaire

Réacteur à Eau Pressurisée (REP)



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

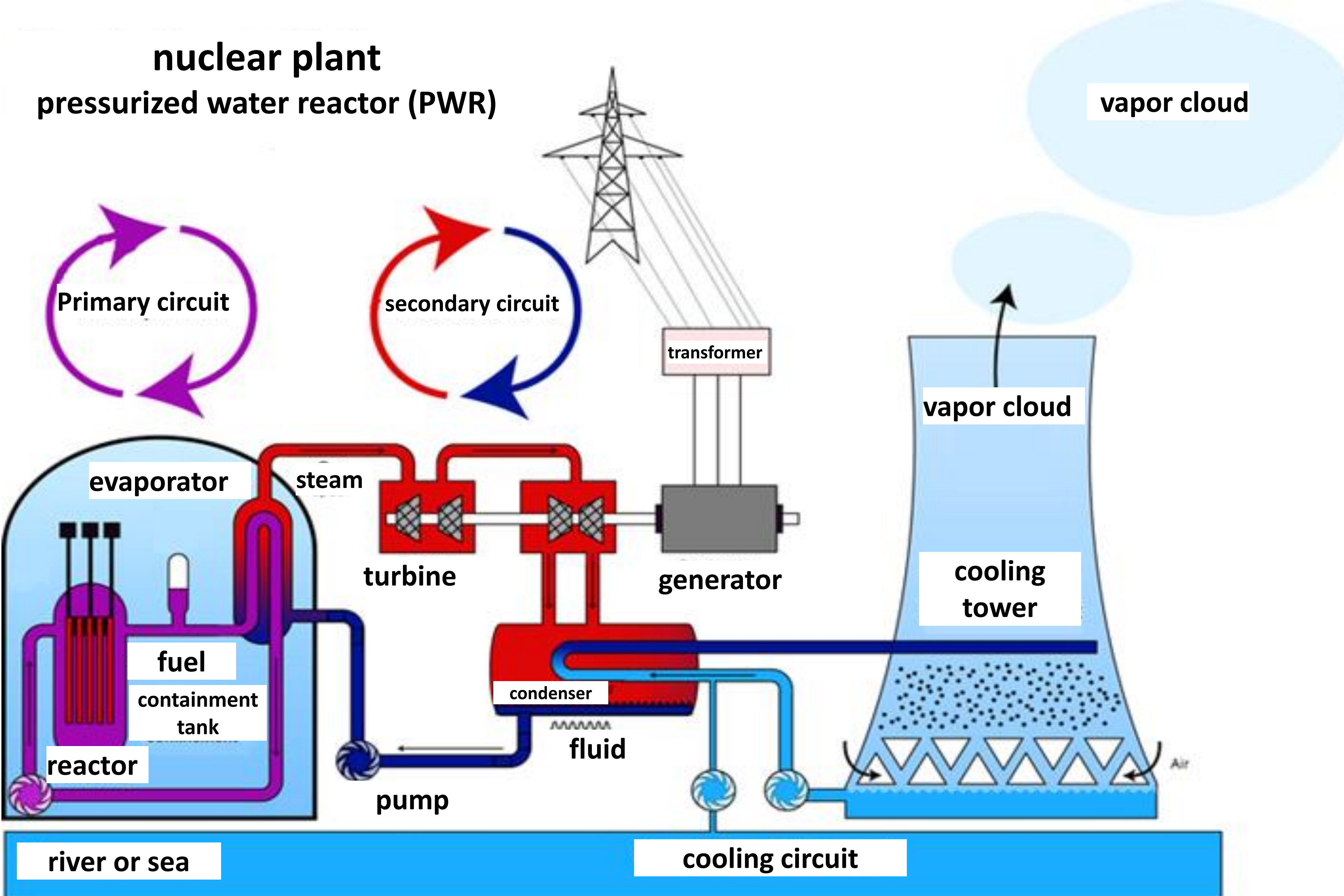
Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.



CHAPTER 2. TWO-PHASE POWER CYCLES.

Rappels sur le changement de phase

Cycle de Rankine

Cycle de Hirn

Cycle à resurchauffe

Cycle à un ou plusieurs soutirages de vapeur

Cycle mixte (gaz-vapeur)

Centrales thermiques à vapeur

Installations hybrides (solaire-gaz)

Installations à cogénération

Notion sur les centrales nucléaires.

