

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

ENVIRONNEMENT NUCLÉAIRE

SESSION 2023

Durée : 4 heures
Coefficient : 3

ÉPREUVE E4 :

Modélisation et choix techniques en environnement nucléaire

SOUS-ÉPREUVE U4.1 :

Pré-étude et modélisation

DOCUMENTS ET MATÉRIELS AUTORISÉS

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue », est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.

Un formulaire de 6 pages est fourni, aucun autre document n'est autorisé.

Éléments de correction

BTS Environnement nucléaire - CORRIGÉ		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 1/8

Contexte barrière thermique	13
1. Injection de l'eau RCV	
La pression RCV de 158 bars est supérieure à la pression du primaire de 155 bar ; l'eau du primaire ne peut pas remonter dans la barrière thermique.	
2. Échange thermique au niveau de la BT	
2.1. $q_m = \rho_{\text{eau}} \times q_v = 9000 \text{ kg/h}$ ou 9 t.h^{-1}	
2.2. $\Delta\theta = Q/(m \times C_{\text{eau}}) = 105,3 \cdot 10^3 / (9 \times 1\,000 \times 4,18) = 2,8 \text{ }^\circ\text{C}$	
2.3. $\theta_f = 21,8 \text{ }^\circ\text{C}$	
3. Rupture de la barrière thermique	
3.1. Voir document réponse	
3.2. Voir document réponse	
3.3. Voir document réponse	
3.4. Le RRI devient un mélange diphasique, les capteurs sont inopérants.	
4. Isolement du circuit RRI	
4.1. Étude simplifiée du capteur de débit	
4.1.1. $q_{vB} = q_{vA}$ car l'eau est un fluide incompressible en écoulement permanent.	
4.1.2. $q_{vA} = 9000/3600 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ $v_A = q_{vA}/S_A$ avec $S_A = \Pi \times d_A^2/4$ $v_A = 1,72 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	
4.1.3. $z_A = z_B$ et $\Delta P = 11885 \text{ Pa}$ donc 119 mbar	
4.2. Étude du capteur industriel	
À $27 \text{ }^\circ\text{C}$, $K = 0,8243$ et $q_m = K \sqrt{\Delta P} = 9 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1} < 10 \text{ t} \cdot \text{h}^{-1}$ valeur acceptable, vanne ouverte.	
4.3. Modification envisagée	
4.3.1. Situation B pour T_1 , le volume de la phase vapeur du chloroéthane est plus importante à température plus élevée.	
4.3.2. Le capteur thermostat est le C.R(X).	
5. Le circuit de contrôle chimique et volumétrique RCV	
5.1. La concentration en bore	
5. 1.1. ${}^{10}_5\text{B} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He}$	
5. 1.2. La modification d'acide borique s'adapte à la réactivité du combustible.	

BTS Environnement nucléaire - CORRIGÉ		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 2/8

5.2. Contrôle pH	
5.2.1. L'eau du circuit primaire est basique car le pH est supérieur à 5,7.	
5.2.2. La teneur en lithium est de 2,1 mg/kg.	

Radioprotection : organisation technique de l'activité									17
6. Étude dosimétrique prévisionnelle EDP									
6.1. EDP initiale									
6.1.1.									
Phase	Localisation		Métier	\dot{H} ambiant au poste de travail en mSv.h ⁻¹	Effectif	Durée en h	Coefficient d'exposition	E individuelle en mSv	S collective en H.mSv
	Local	Poste travail							
Installation chantier	R332 R331	C	Tuyauteur	0,095	2	5	0,5	0,24	0,48
Traçage/ Dépose tuyauteries et supports	R331	A	Tuyauteur	0,150	3	10	0,7	1,05	3,15
		B		0,300	3	18	0,7	3,78	11,34
Perçages/ Ajustage/Préparation/Accostage	R331	A	Tuyauteur	0,150	2	12	0,7	1,26	2,52
		B	Tuyauteur	0,300	2	20	0,7	4,20	8,40
Soudures	R331	B	Soudeur	0,300	2	20	0,7	4,20	8,40
Contrôles	R331	B	Soudeur	0,300	2	4	0,5	0,60	1,20
Gammagraphie (tirs radiologiques)	R332 R331	C	CND	0,095	2	6	0,7	0,40	0,80
Dépose calage et remise en peinture	R331	A	Tuyauteur	0,150	2	10	0,7	1,05	2,10
		B		0,300	2	15	0,7	3,15	6,30
Encadrement/ RP	R332	D	Radioprotection	0,060	1	65	0,7	2,73	2,73
								Total	47,41

6.1.2.			
Métier	VTE en h	S collective en H.mSv	% de la dose collective
Tuyauteur	208	34,29	72
Soudeur	48	9,60	20
CND	12	0,80	2
Radioprotection	65	2,73	6
Total	333	47,41	

6.1.3.
 $S > 20$ H.mSv donc niveau 3 = niveau maximum
 Peu importe le niveau des autres critères, l'enjeu radiologique est niveau 3 (fort) et appelle une optimisation.

6.2. EDP optimisée	
<p>6.2.1. Le DED au poste de travail est de 2,12 mSv/h mais avec un coefficient d'expo de 0,5. Rappel : Art. R. 4451-23. La zone est désignée, au titre de la dose efficace, zone contrôlée jaune lorsqu'elle est inférieure à 2 mSv intégrée sur 1 heure.</p> <p>Réponses possibles : L'intervenant intègre une dose efficace de 1,06 mSv en 1 h : ZCJ. Ou Réponse plus prudente : ZCO.</p>	
<p>6.2.2. $E_{\text{individuelle}} = H^{\circ} \cdot t \cdot C_{\text{expo}} \cdot W_T = 2,12 \times 2 \times 0,5 \times 1 = 2,12 \text{ mSv}$ $S = 4,24 \text{ H.mSv}$</p>	
<p>6.2.3. Facteur d'atténuation $H_0^{\circ}/H^{\circ} = e^{\mu \cdot x} = 1,5$ $S' = S / \text{facteur att} = 47,41 / 1,5 = 31,72 \text{ H.mSv}$</p>	
<p>6.2.4. Scénario 1 : $S_1 = 47,41 \text{ H.mSv}$ Scénario 2 : $S_2 = 31,7 + 4,24 = 35,96 \text{ H.mSv}$ La dose collective est diminuée de 24 % (d'autres critères peuvent être pris en compte : expo individuelle, durée inter, temps de travail)</p>	

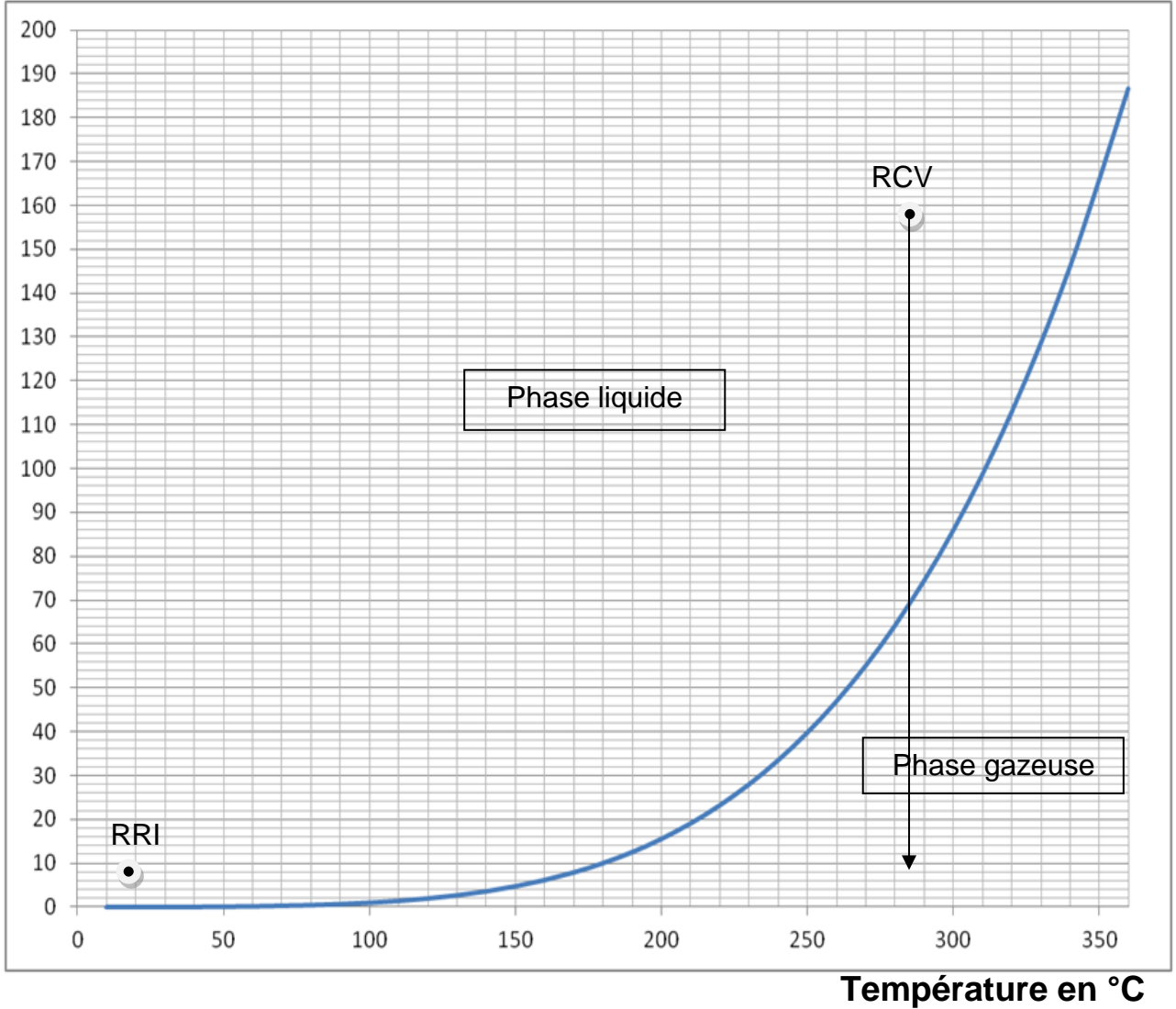
7. Découpe et incidence radiologique	
<p>7.1. $A = A_s \cdot S = 4250 \times 30 = 128 \text{ kBq}$ $V = 4 \text{ m}^3$ $A_v = 32 \text{ kBq/m}^3$</p>	
<p>7.2. Si $Q_v = 1,1 \text{ m}^3/\text{h}$ (d'autres valeurs peuvent être retenues) 1.RCA Co-58 = $16,2 \text{ kBq/m}^3$ 1.RCA Co-60 = $3,2 \text{ kBq/m}^3$ 1.RCA mélange = $4,0 \text{ kBq/m}^3$</p>	
<p>7.3. $n.RCA = A_v / 1.RCA \text{ mélange} = 8,0.RCA$ port de protection des voies respiratoires</p>	
<p>7.4. - protection contre la conta volumique : Aspiration + filtration au plus près de la découpe - protection contre la conta surfacique : Vinyle au sol Saut de zone</p>	

BTS Environnement nucléaire - CORRIGÉ		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 5/8

8. Contrôle non destructif	
8.1. $N = t / T = 0,67$ période $A = A_0 / 2^n = 1,20$ TBq	
8.2. $A \text{ 1 m, } D^\circ_{\text{mGy/h}} = 1,3 \cdot 10^{-10} \cdot A_{\text{Bq}} \cdot E_{\text{MeV}} \cdot I\%/100$ $E_1 = 317 \text{ keV, } D_{1^\circ} = 41,0 \text{ mGy/h}$ $E_2 = 468 \text{ keV, } D_{2^\circ} = 35,0 \text{ mGy/h}$ $E_3 = 604 \text{ keV, } D_{3^\circ} = 7,50 \text{ mGy/h}$ Total : $D^\circ = 83,6 \text{ mGy/h}$	
8.3. $A \text{ 10 cm, } D'^\circ = D^\circ \cdot (100/10)^2 = 8,36 \text{ Gy/h}$ Atténuation 8 % $D''^\circ = D' \cdot 0,92 = 7,69 \text{ Gy/h}$	
8.4. $t = D_{\text{film}} / D''^\circ = 0,0520 \text{ h} = 3 \text{ min } 7 \text{ s}$	

Document réponse 1

Pression en bar



Courbe de vaporisation de l'eau

Document réponse 2

