

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

U41 – 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 électronique est interdit.
Un formulaire de 6 pages est fourni, aucun autre document n'est autorisé.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 17 pages, numérotées de 1/17 à 17/17.

Ce sujet comporte 8 parties indépendantes avec le barème suivant :

Parties 1 à 5 : 13/30
Partie 6 : 8,5/30
Partie 7 : 4,5/30
Partie 8 : 4/30

Les documents réponses 1, 2, 3 et 4, pages 15 à 17, sont à rendre avec la copie.

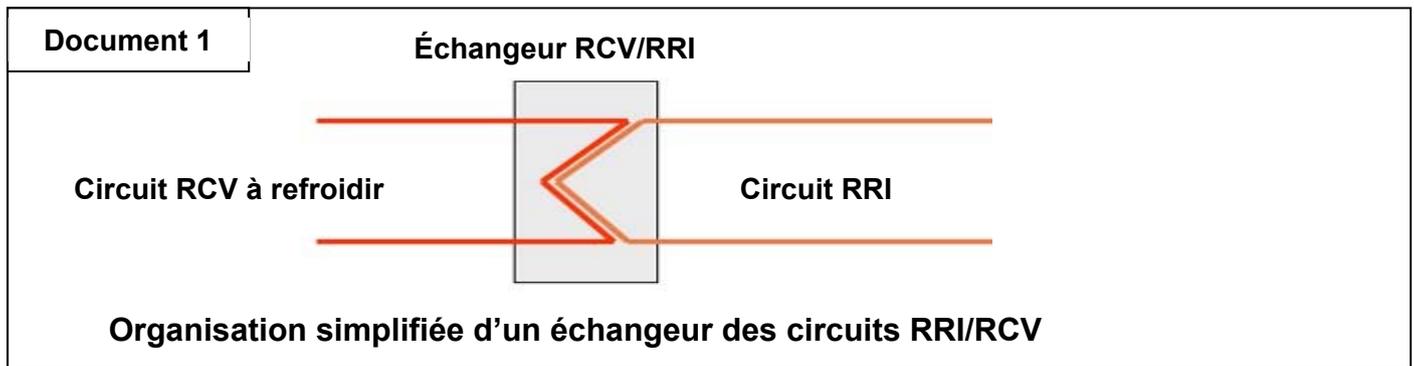
BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 1/17

Mise en situation : barrière thermique dans le groupe motopompe primaire (GMPP)

Le circuit de refroidissement intermédiaire (RRI) dans une tranche de centrale nucléaire.

Le circuit de refroidissement intermédiaire (RRI) permet de refroidir, en fonctionnement normal comme à l'arrêt ou en situation accidentelle, l'ensemble des matériels et fluides des systèmes auxiliaires et de sauvegarde du réacteur.

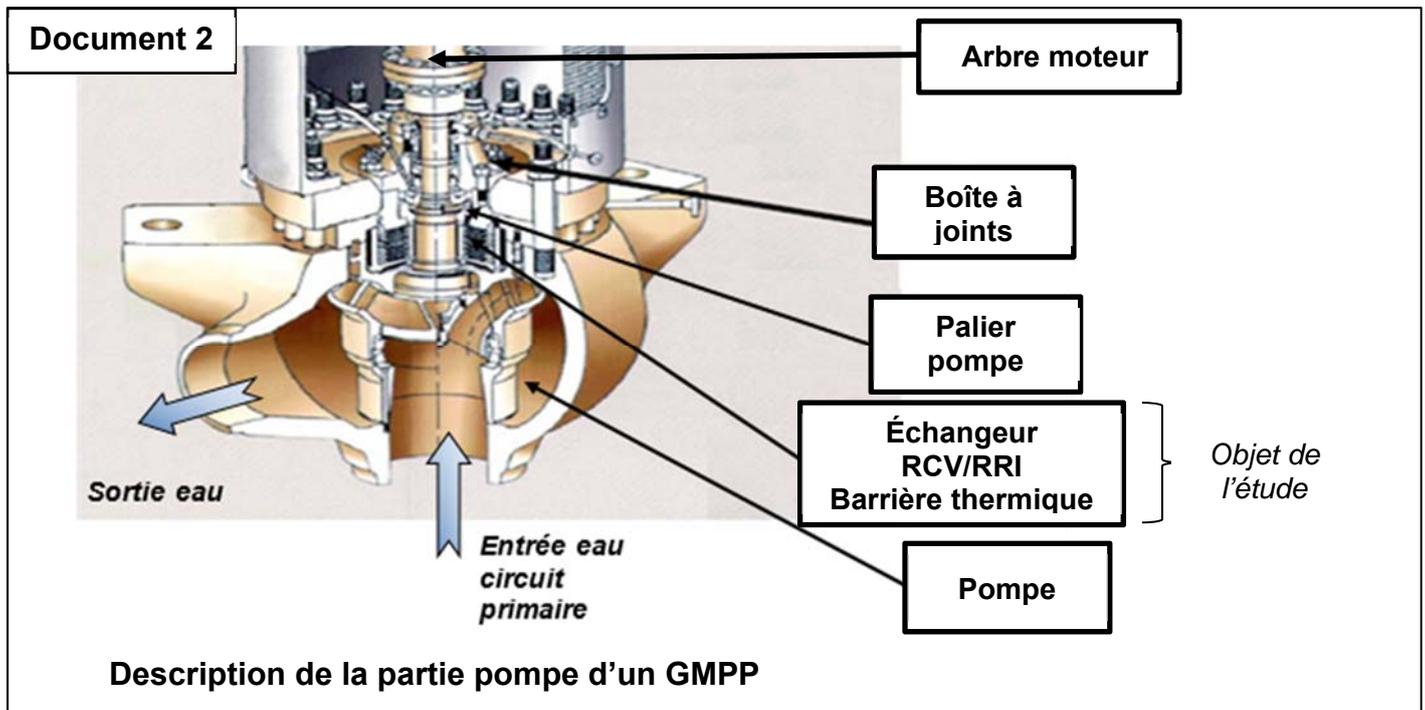
Le circuit RRI est un circuit d'eau non contaminée assurant entre autres le refroidissement du circuit contaminé RCV (réseau contrôle volumétrique et chimique).



Échange thermique entre RRI et RCV dans un GMPP.

Un groupe motopompe primaire (GMPP) est installé sur la branche froide de chaque boucle du circuit primaire, entre la sortie du générateur de vapeur (GV) et l'entrée de la cuve du réacteur. Son rôle principal est d'assurer la circulation de l'eau avec le débit requis pour le refroidissement du cœur du réacteur.

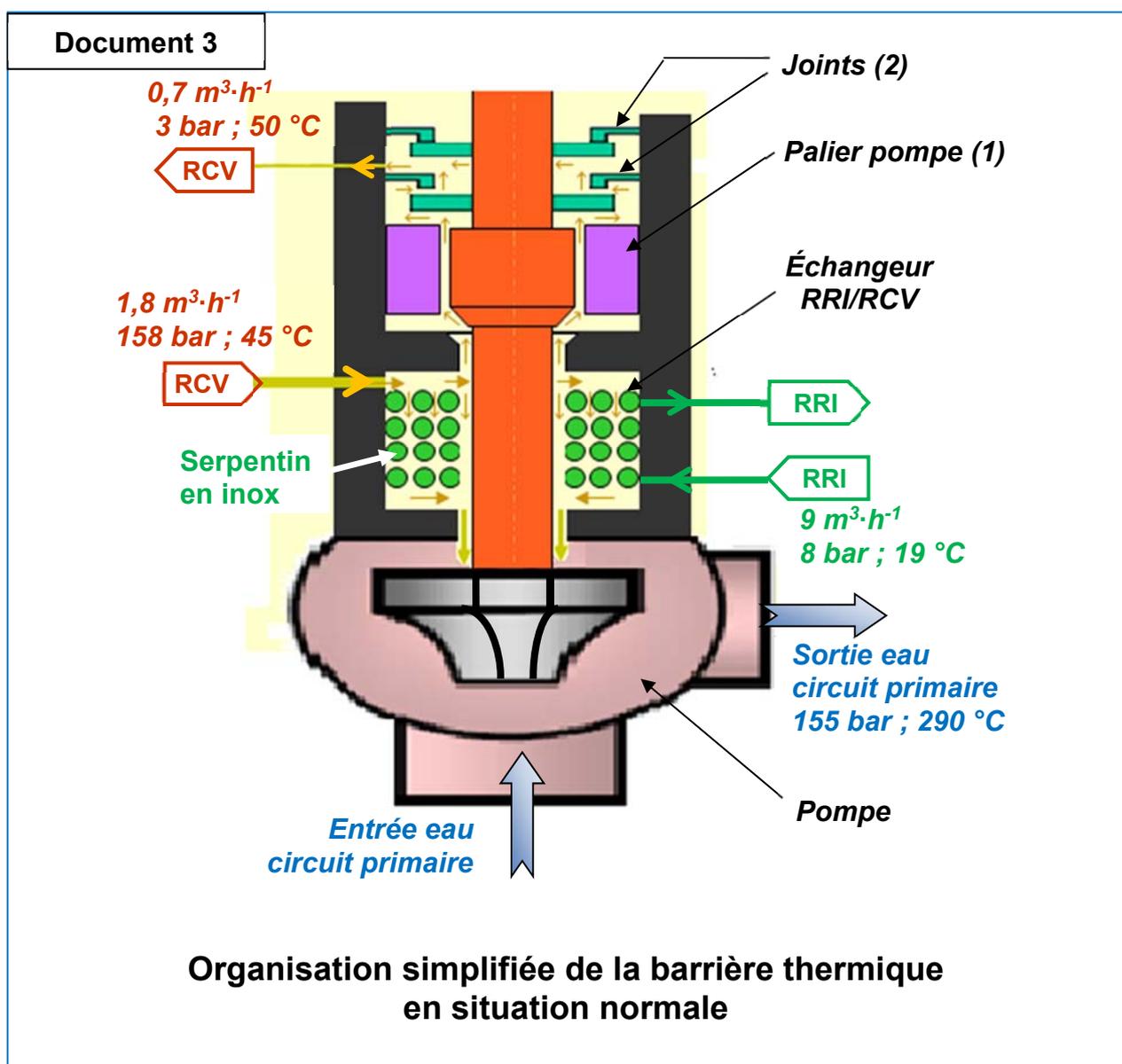
Les GMPP sont des machines tournantes dont l'axe est vertical. Ils sont constitués d'un moteur électrique qui entraîne une pompe *via* un arbre.



L'étanchéité dans le GMPP est dite à fuite contrôlée. Le palier pompe (1) et les « joints d'arbre » (2) sont conçus pour fonctionner en eau froide. Ils sont maintenus à basse température par deux moyens décrits sur le document 3 :

- l'injection par le circuit RCV d'eau refroidie, à une pression légèrement supérieure à celle du circuit primaire. Une partie de cette eau permet une étanchéité à fuite contrôlée, l'autre partie redescend vers le corps de pompe pour se mélanger à l'eau du primaire,
- la présence d'un échangeur thermique RRI/RCV. Le serpentin de cet échangeur est constitué de tubes concentriques en inox. Il est alimenté par l'eau du RRI et baigne dans l'eau froide du RCV.

Cet échangeur limite notamment la remontée du flux de chaleur, par conduction, du corps de la pompe qui est à 290 °C vers les parties supérieures de la pompe (palier et joints d'arbre), d'où le nom de barrière thermique (BT) attribué à cet échangeur.



BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 3/17

Parties 1 à 5 : 13/30 points

1. Injection de l'eau RCV

À partir des indications du document 3, justifier sans calcul que le dispositif d'injection d'eau empêche l'eau primaire de remonter le long de l'arbre jusqu'aux paliers et joints.

2. Échange thermique au niveau de la barrière thermique (BT)

Données :

Masse volumique de l'eau $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

Capacité thermique massique de l'eau liquide $C_{\text{eau}} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

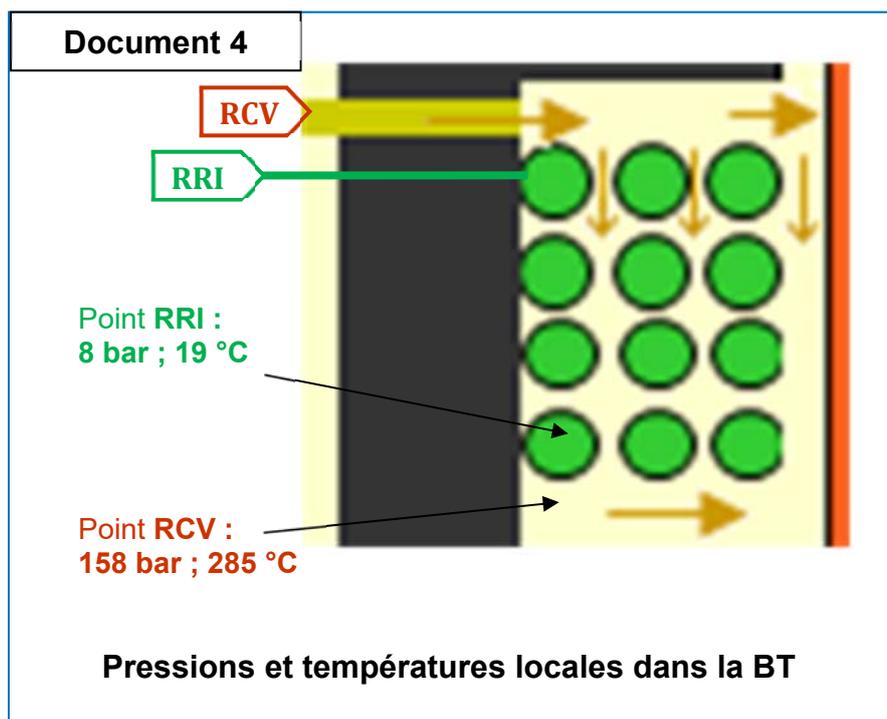
L'énergie thermique Q reçue par une masse d'eau m dont la température augmente de $\Delta\theta$ peut se calculer à l'aide de la formule $Q = m\cdot C_{\text{eau}}\cdot\Delta\theta$.

- 2.1. Le débit volumique q_v de l'eau RRI dans le serpentin est de $9,0 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$. En déduire la valeur du débit massique q_m .
- 2.2. Sachant que l'énergie thermique Q reçue par la masse d'eau en 1 heure est de $1,05\cdot 10^8 \text{ J}$, calculer l'augmentation de température $\Delta\theta$ de l'eau circulant dans le serpentin.
- 2.3. On donne $\theta_e = 19 \text{ }^\circ\text{C}$, la température de l'eau RRI à l'entrée du serpentin. En déduire $\Delta\theta = \theta_s - \theta_e$ et la température θ_s en sortie.

3. Rupture de la barrière thermique (BT)

Suite à un violent séisme, l'acier inoxydable de la barrière thermique pourrait subir une brèche et le circuit RCV se déchargerait dans le serpentin et contaminerait l'eau du circuit RRI.

- 3.1. On donne, sur le **document réponse 1 à rendre avec la copie**, une portion du diagramme de phases de l'eau. Indiquer sur ce diagramme les zones des phases liquide et gazeuse.
- 3.2. À partir des indications du document 4, placer sur le **document réponse 1** deux points :
 - un point noté RRI correspondant à l'état local de l'eau dans le circuit RRI,
 - un point noté RCV correspondant à l'état local de l'eau dans le circuit RCV.



BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 4/17

En cas de brèche au niveau du serpentín, de l'eau RCV va se déverser dans le circuit RRI. On supposera, pour simplifier, que cette eau RCV polluant le circuit RRI subit dans un premier temps une baisse de pression $\Delta P = 150 \text{ bar}$ à température constante.

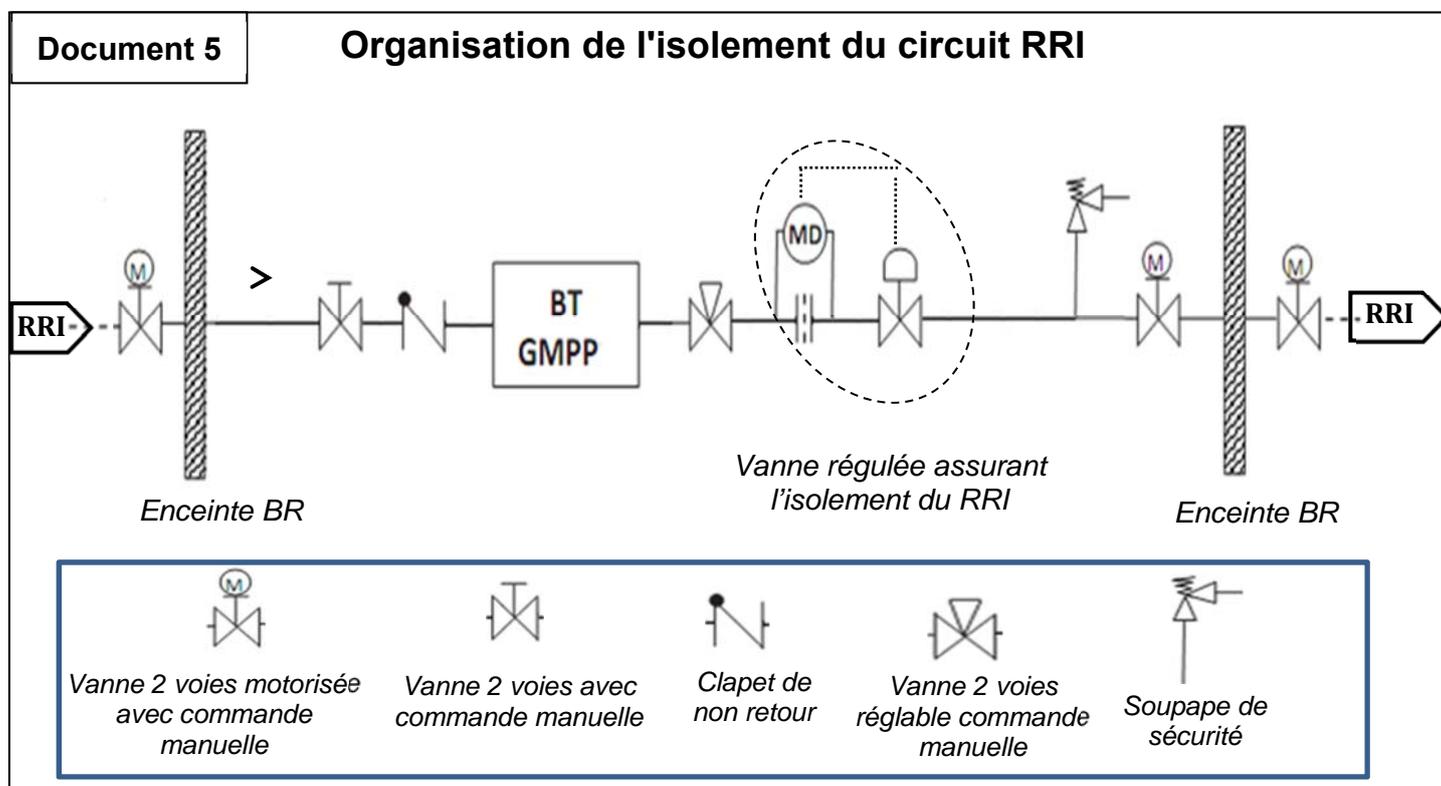
3.3. Sur le **document réponse 1 à rendre avec la copie**, flécher le déplacement temporaire du point RCV de cette eau qui pénétrerait dans le serpentín. Quel est l'état physique de l'eau RCV à la fin de la transformation ?

3.4. Sachant que les capteurs (pression, débit, température) du circuit RRI sont étalonnés pour de l'eau liquide, peut-on se fier à ces mesures en cas de rupture de la BT? Justifier.

4. Isolement du circuit RRI

En cas de rupture de la barrière thermique, il est impératif d'empêcher le circuit RCV de se vider dans l'ensemble du circuit RRI. L'isolement du circuit RRI est décrit sur le document 5.

Il se déclenche par fermeture d'une vanne motorisée qui est commandée par un capteur de débit (noté MD sur le schéma).

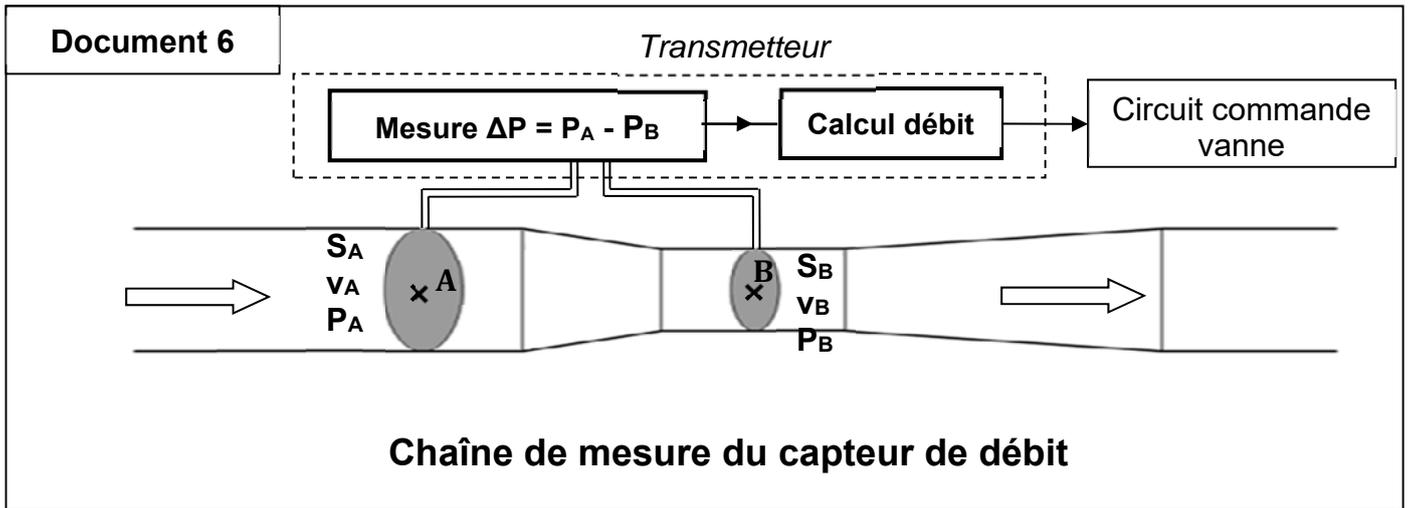


4.1. Étude simplifiée du capteur de débit

Le principe de ce débitmètre est d'insérer dans le circuit hydraulique un organe d'étranglement. La présence de cette réduction locale de section provoque une chute de pression dont la valeur est fonction du débit de l'écoulement et des caractéristiques thermodynamiques du fluide à mesurer.

BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 5/17

Le principe du capteur de débit est décrit par le document 6.



Données :

- l'eau est considérée comme un fluide parfait incompressible en écoulement permanent ;
- la canalisation est horizontale ;
- le diamètre de la tuyauterie en A est $d_A = 43,0 \text{ mm}$;
- la masse volumique de l'eau est considérée constante $\rho_{\text{eau}} = 1\,000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- l'expression simplifiée du théorème de Bernoulli est

$$(P_B - P_A) + \rho \cdot g \cdot (z_B - z_A) + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot (v_B^2 - v_A^2) = 0$$
 où z_A et z_B désignent les altitudes des points A et B dans la canalisation.

4.1.1. Sans calcul, justifier que le débit volumique q_v de l'eau est constant dans la canalisation.

4.1.2. Le débit volumique de l'eau est $q_v = 9,00 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$, en déduire que la vitesse d'écoulement de l'eau en A est environ $v_A = 1,72 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

4.1.3. On donne la valeur de la vitesse d'écoulement $v_B = 5,17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ de l'eau en B. En déduire la valeur de la chute de pression $P_A - P_B$ due à la réduction de section du débitmètre. L'exprimer en mbar.

4.2. Étude du capteur de débit industriel

En utilisation normale du capteur, c'est la mesure de la différence de pression $\Delta P = P_A - P_B$ qui permet d'évaluer le débit massique q_m (ou volumique q_v) à partir de la relation suivante, tirée du théorème de Bernoulli :

$q_m = K \cdot \sqrt{\Delta P}$ <p>q_m débit massique en tonnes par heure ($\text{t}\cdot\text{h}^{-1}$) ΔP chute de pression en mbar</p>	<p>K est une grandeur qui dépend de la température du fluide. Elle sera exprimée dans le système international d'unités (noté USI pour simplifier).</p> <p>K peut être déterminée à partir de l'abaque figurant sur le document 7 (page suivante).</p>
---	--

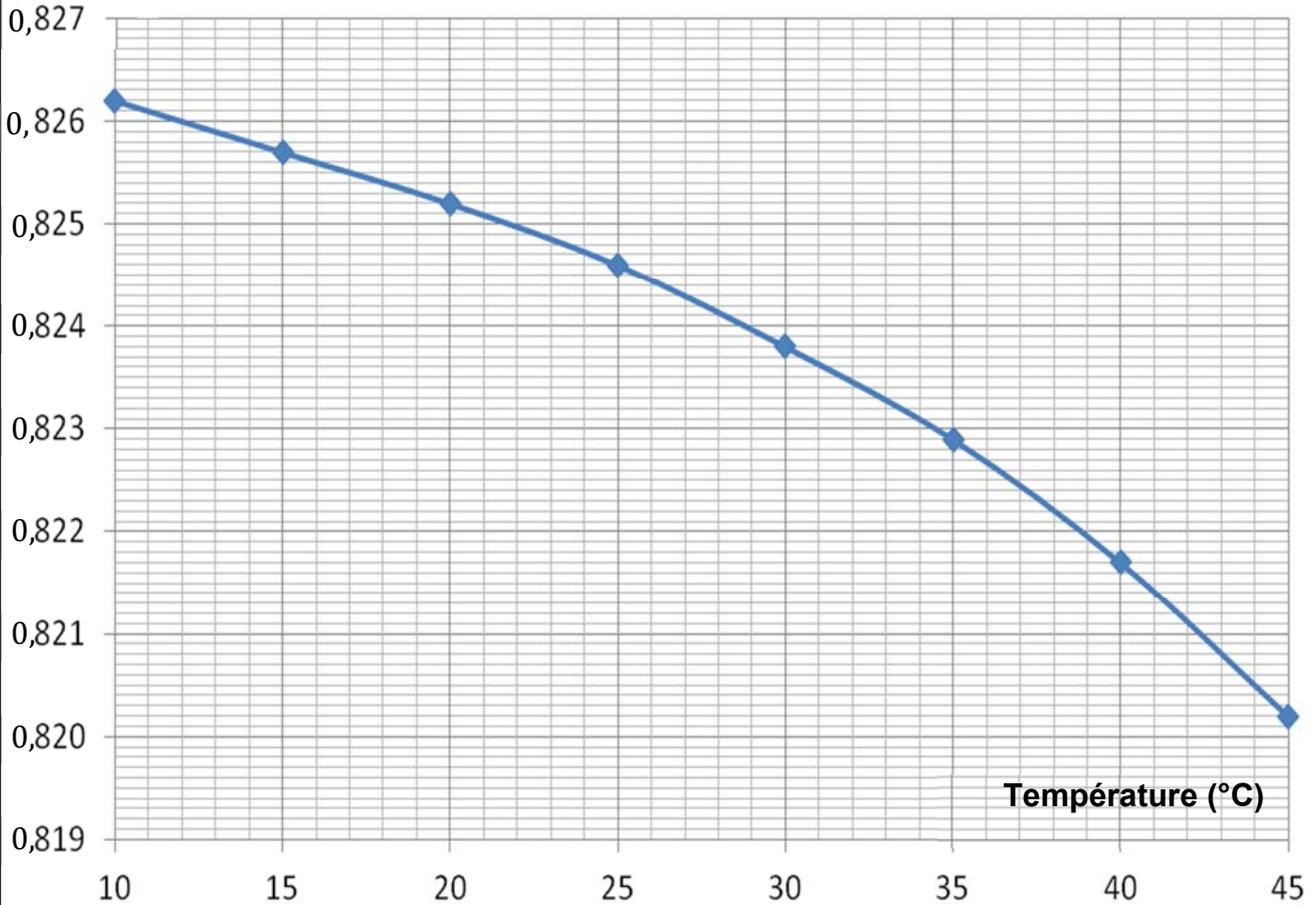
En situation accidentelle, la vanne réglée doit se fermer dès que q_m atteint $10 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$. En été, à la température RRI de $\theta = 27 \text{ }^\circ\text{C}$, on mesure $\Delta P = 119 \text{ mbar}$.

Question : À partir du document 7 et des informations de l'énoncé, déterminer si dans ces conditions la vanne réglée est ouverte ou fermée. Justifier.

Document 7

K en USI

$$K = f(T)$$



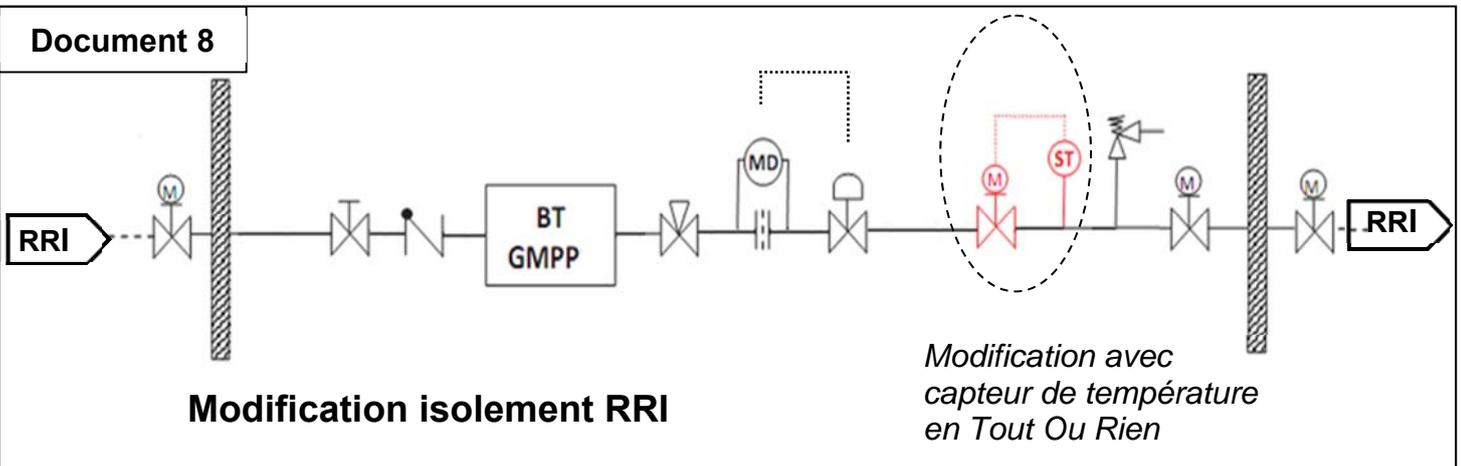
4.3. Modification envisagée

En cas de rupture importante de la barrière thermique, le circuit RCV pourrait se vider massivement dans le circuit RRI. On doit alors imaginer le scénario le plus pénalisant dans lequel un mélange diphasique (liquide-vapeur) remplirait le RRI. Ce scénario rendrait inopérant le capteur de débit précédent.

On décide d'ajouter une nouvelle vanne motorisée qui se fermera en cas d'élévation importante de température du fluide, comme indiqué sur le document 8.

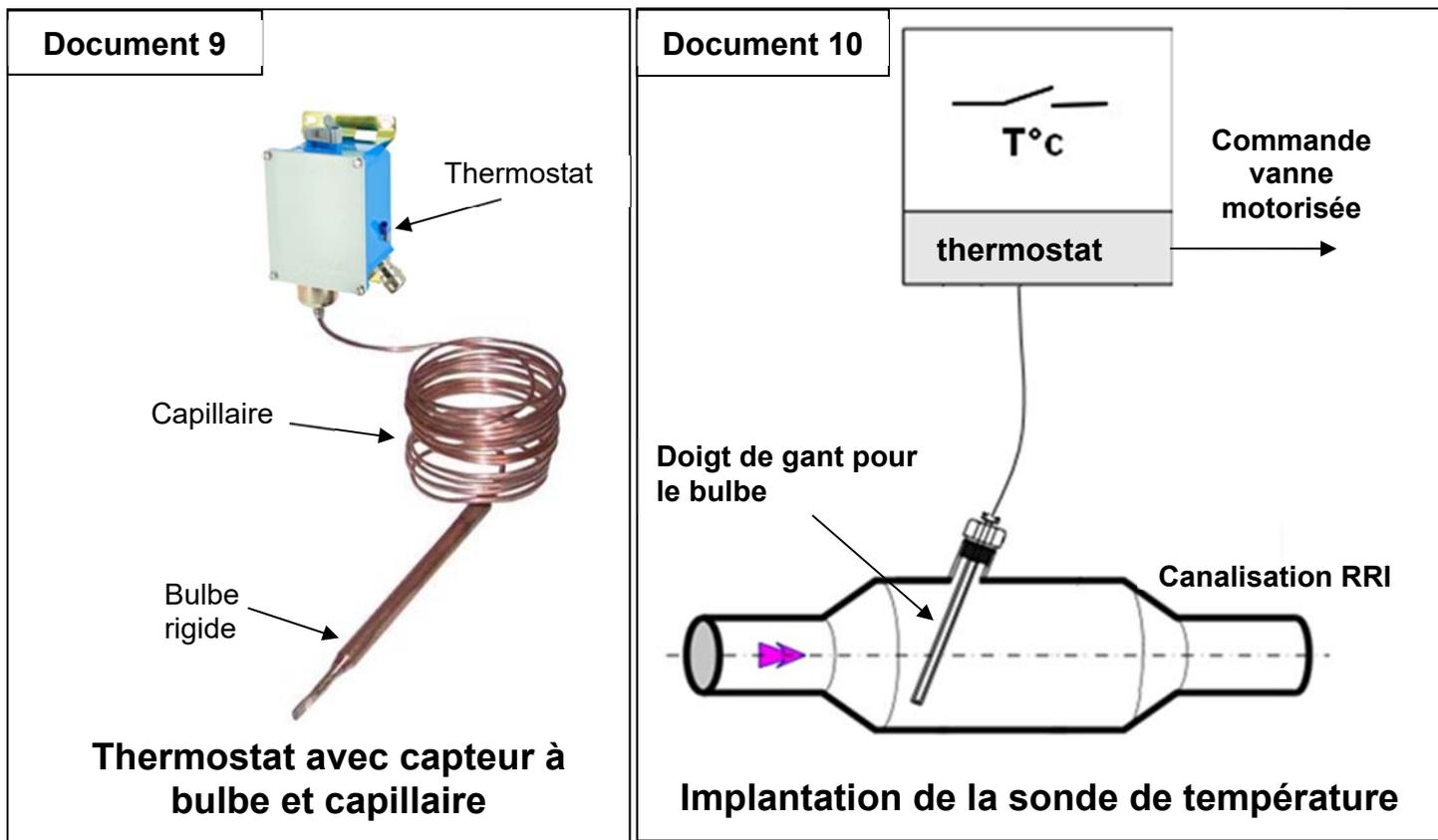
Le capteur de température utilisé est de type « à tension de vapeur ».

Document 8

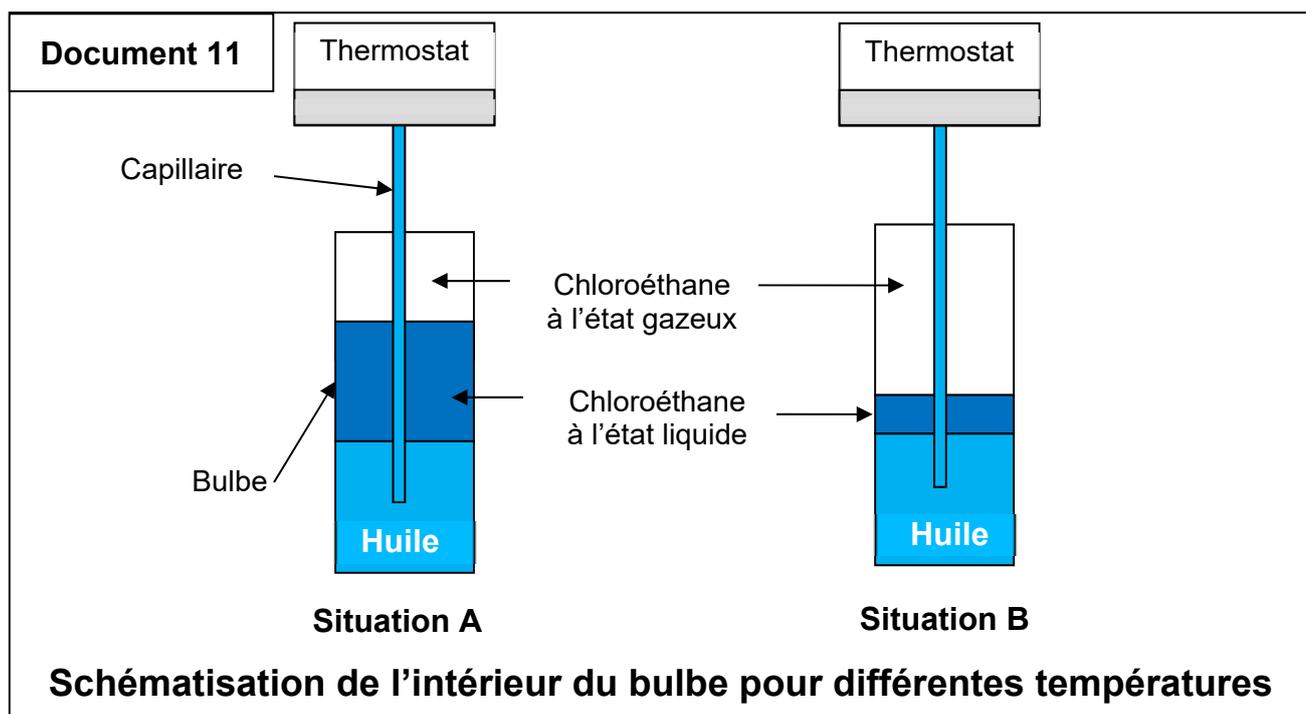


Ce capteur à bulbe commande, par l'intermédiaire d'un capillaire, un thermostat qui doit déclencher la fermeture de la vanne motorisée lorsque la température de l'eau RRI atteint 100 °C.

Le capteur choisi est représenté sur le document 9. L'implantation de ce capteur dans la tuyauterie du RRI est précisée sur le document 10.



Le bulbe rigide de ce capteur est une enceinte close à double remplissage contenant de l'huile à l'état liquide et un mélange diphasique (liquide-gaz) de chloroéthane, comme indiqué sur le document 11.



Le chloroéthane à l'intérieur du bulbe est à la température de l'eau RRI en sortie de la barrière thermique (BT). Cette température influe sur la pression à l'intérieur du bulbe. Cette pression est transmise au thermostat qui est un convertisseur pression-température.

4.3.1. Sur le document 11 sont schématisées les situations dans le bulbe pour deux températures T_1 et T_2 avec $T_1 > T_2$. Faire correspondre chaque situation (A ou B) avec une température. Justifier le choix effectué, sans calcul.

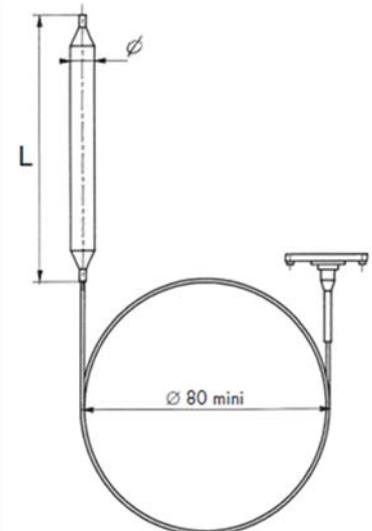
4.3.2. Le rôle de l'ensemble sonde-thermostat est de se déclencher en cas d'élévation anormale à 100 °C. Choisir un capteur répondant à cette fonction à partir du document 12.

Document 12
Source GEORGIN

THERMOSTATS À BULBE ET CAPILLAIRE

(tension de vapeur)

Type	Échelle	T max.	Bulbe avec capillaire 2 à 4 m	
	Zone de fonctionnement	Limite avant détérioration	Ø mm	L mm
	°C	°C		
C • C (X)	- 50 à + 10	55	10	150
C • G (X)	- 20 à + 20	55	14	150
C • M (X)	0 à 45	55	14	150
C • P (X)	25 à 95	105	14	150
C • R (X)	45 à 125	135	10	150
C • T (X)	115 à 210	225	10	150
C • V (X)	160 à 250	260	10	150
C • WX*	290 à 380	400	14	150
C • YX	380 à 500	540	14	150
C • ZX	400 à 600	630	14	150



5. Le circuit de contrôle chimique et volumétrique du réacteur (RCV)

Le circuit de contrôle chimique et volumétrique du réacteur (RCV) est en contact direct avec le circuit primaire dont il traite les paramètres chimiques. Ce circuit a plusieurs rôles parmi lesquels :

- ajuster la concentration en bore dans l'eau du circuit primaire pour contrôler la réaction en chaîne,
- maintenir la qualité de l'eau du circuit primaire, en réduisant sa teneur en produits de corrosion.

BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 9/17

La concentration en bore

L'acide borique (H_3BO_3), en solution dans l'eau du circuit primaire, participe au contrôle de la réaction de fission avec les grappes de commande. Sa concentration dans l'eau du circuit primaire varie au cours du cycle de fonctionnement du réacteur.

L'élément chimique bore est à l'état naturel constitué de deux isotopes stables, le bore 11 et le bore 10, avec des abondances respectives d'environ 80 % et 20 %. Seul le bore 10 est neutrophage.

5.1.1. La capture d'un neutron par le bore 10 forme un noyau de lithium 7 et un autre noyau. Écrire l'équation de la réaction nucléaire.

5.1.2. Justifier pourquoi il est nécessaire d'ajuster régulièrement la teneur en acide borique.

5.2. Contrôle de la valeur du pH de l'eau du circuit primaire

La présence d'acide borique dans l'eau du circuit primaire acidifie par ailleurs l'eau au risque d'engendrer une corrosion importante de la structure du circuit primaire. Il est donc nécessaire de réguler le pH de cette eau à sa valeur de moindre corrosion en ajoutant une base, de la lithine ($LiOH$).

Au voisinage de 300 °C, le pH de moindre corrosion de l'eau vaut environ 7,2 et le pH de neutralité vaut environ 5,7.

5.2.1. Dans les conditions de moindre corrosion, préciser si l'eau du circuit primaire est acide ou basique. Justifier.

La concentration en lithine est ajustée, au cours du cycle, en fonction de la concentration en acide borique.

5.2.2. Pour une concentration en bore de 570 mg/kg, déterminer la concentration en lithium pour être dans la zone visée. La réponse devra s'accompagner d'un tracé visible sur le **document réponse 2 à rendre avec la copie.**

BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 10/17

Radioprotection : organisation technique de l'activité

Parties 6 à 8 : 17/30 points

L'étude porte sur la modification de l'isolement du circuit RRI associé à la pompe primaire.

Les grandes phases de cette modification sont :

- modification de la tuyauterie et de ses supportages (ce qui implique des opérations de tronçonnage, perçage, soudure, tir radiologique...);
- mise en place de la nouvelle vanne et du nouveau thermostat;
- connexions électriques;
- requalifications.

L'étude ne portera que sur la phase de modification des tuyauteries (DN 200) et des supportages. La cartographie détaillée de la zone d'intervention est donnée sur le document 13.

Document 13		
Cartographie	Point chaud 	Postes de travail
	<p>Repère 1 : $\dot{H}_{\text{contact}} = 21,0 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ $\dot{H}_{\text{à } 0,5 \text{ m}} = 2,12 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ $\dot{H}_{\text{à } 1 \text{ m}} = 0,50 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$</p>	<p>Repère A : $\dot{H}_{\text{ambient}} = 0,15 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$</p> <p>Repère B : $\dot{H}_{\text{ambient}} = 0,30 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$</p> <p>Repère C : $\dot{H}_{\text{ambient}} = 0,095 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$</p> <p>Repère D : $\dot{H}_{\text{ambient}} = 0,060 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$</p>
	Contamination surfacique β	Contamination atmosphérique
	<p>R330, R332, R333 : au sol $< 4 \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$</p> <p>R331 : au sol $25 \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$</p> <p>Sur 30 cm^2 de tuyauterie (zone à tronçonner) $4 \text{ } 250 \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$</p>	<p>R330, R331, R332, R333 : $< 1 \text{ RCA}$</p>

6. Études dosimétriques prévisionnelles (EDP)

Toutes les expositions seront supposées globales pour les EDP.

6.1. Étude dosimétrique prévisionnelle initiale (EDPi)

6.1.1. EDPI

À l'aide du document 13, réaliser l'EDP initiale en fonction des postes de travail et compléter le **document réponse 3**.

Porter sur la copie toute explication utile à la compréhension des calculs.

6.1.2. Répartition par métiers

Compléter le **document réponse 4**, pour une analyse par métier de la dosimétrie.

6.1.3. Enjeu radiologique

À l'aide du document 14, déterminer le niveau d'enjeu radiologique. Justifier.

Document 14

CLASSIFICATION EN NIVEAU D'ENJEU RADIOLOGIQUE

Cette étape, qui n'a pas de caractère réglementaire, a pour but de graduer la mise en œuvre de l'optimisation en fonction de l'enjeu radiologique, notamment en termes d'organisation décisionnelle et de méthode de choix entre les options de radioprotection.

Le niveau d'enjeu radiologique est déterminé, *a minima*, en fonction des grandeurs (ou critères) suivantes :

- dose collective susceptible d'être reçue ;
- débit d'équivalent de dose maximum au poste de travail ;
- propreté radiologique vis-à-vis de la contamination des personnes et de la dispersion des matières radioactives

auxquelles peut être ajouté un critère d'opportunité pour des cas particuliers.

ENJEU RADIOLOGIQUE DE L'ACTIVITE	niveau 0 (très faible)	niveau 1 (faible)	niveau 2 (significatif)	niveau 3 (fort)
Dose collective (en homme.mSv)	1	10	20	
Débit d'équivalent de dose (en mSv/h)	0.1	2	40	
Propreté radiologique *	NC0	NC1	NC2	NC3
Critère d'opportunité (non prescrit)	Pour renforcer l'étude d'optimisation en cas d'activités nouvelles, de contextes particuliers, d'emploi de ressources sensibiles...			

n.b. : l'enjeu retenu pour l'activité est le plus élevé obtenu après l'application de chaque critère.

* Les différentes valeurs NC_i du critère de propreté radiologique répondent aux conditions suivantes :

NC0 : activité dans un local classé K, NP ou N1 (au sens de la DI 104) ne présentant pas de risque de dispersion de contamination liée à la réalisation de l'activité.

NC1 : activité dans un local < 400 Bq/cm² sans ouverture de circuit véhiculant de la contamination, sinon avec ouverture limitée à un diamètre équivalent à 80 mm et sans projection de particules actives.

NC2 : activité dans un local > 400 Bq/cm², ou ouverture d'un matériel contenant un média filtrant, ou ouverture d'un circuit de diamètre équivalent > 80 mm véhiculant de la contamination.

NC3 : activité en conditions de contamination surfacique et/ou volumique atypiques, quantitativement ou qualitativement ou présentant un risque de dispersion de la contamination sans REX disponible.

6.2. EDP optimisée

Dans le cadre de l'analyse d'optimisation, il vous est demandé d'évaluer l'action proposée suivante :

- pose d'une épaisseur de protections biologiques avant l'installation du chantier (matelas de plomb de coefficient d'atténuation linéique $\mu = 0,67 \text{ cm}^{-1}$ et d'épaisseur 6 mm) sur le point chaud repère 1 de la **cartographie (document 13)** ;
- pose ou dépose des matelas de plomb : 1 h à 2 logisticiens ;
- coefficient d'exposition pour la pose ou la dépose : 0,5 ;
- pour la valeur du $\dot{H}_{\text{ambient au poste de travail}}$ de cette phase, vous prendrez le $\dot{H}_{\text{à } 0,5 \text{ m}}$ du point chaud repère 1 de la **cartographie (document 13)** ;
- dépose de la protection biologique à l'issue de toute l'intervention.

6.2.1. Proposer, en le justifiant, un zonage radiologique au poste de travail des logisticiens effectuant la pose / dépose des protections biologiques.

6.2.2. Évaluer les doses efficaces individuelle et collective des logisticiens en comptant la phase de pose et la phase de dépose des écrans.

6.2.3. Déterminer le facteur d'atténuation de cette protection. En déduire la dose collective désormais envisagée (hors pose et dépose) de l'intervention.

6.2.4. Comparer le scénario 1 sans protection avec le scénario 2 avec protections en prenant en compte le détriment subi par les logisticiens. Conclure.

7. Découpe et incidence radiologique

La découpe provoque la mise en suspension de la totalité de la contamination présente dans le tuyau engendrant une contamination volumique qui deviendra une contamination surfacique en retombant ultérieurement.

Cette contamination est composée de 2 radionucléides :

Radionucléide	Proportion p_i (%)	DPUI ou h(g) (Sv/Bq)
^{58}Co	25	$1,4 \cdot 10^{-9}$
^{60}Co	75	$7,1 \cdot 10^{-9}$

7.1. La sphère de travail impactée par la contamination volumique est de 4 m^3 . Déterminer l'activité volumique A_v , à l'aide du document 13 (cartographie).

7.2. Calculer la valeur du repère 1·RCA pour chaque radionucléide. En déduire la valeur du repère de concentration atmosphérique pour le mélange.

$$\text{On donne : } \frac{1}{\text{RCA}_{\text{mélange}}} = \frac{p_1}{\text{RCA}_1} + \frac{p_2}{\text{RCA}_2}$$

7.3. En déduire le nombre de RCA présents dans la sphère de travail et interpréter la réponse.

7.4. Proposer, si nécessaire, des actions pertinentes à mettre en œuvre pour limiter la propagation de la contamination à la suite de la découpe.

BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 13/17

Contrôle non destructif (CND)

À l'issue des phases de découpage et de modification, un nouveau tuyau est soudé. Compte tenu de l'importance de cette soudure en terme de sûreté, un contrôle est effectué par un tir radiologique.

Caractéristiques de la source du gammagraphe	^{192}Ir
Période radioactive	73,8 j
Activité initiale de la source	1,92 TBq

La source est positionnée, *via* un centreur, au milieu du tuyau au niveau de la soudure. Le film radiographique entoure l'extérieur du tuyau.

La distance entre la source et le film est $d = 10$ cm.

L'épaisseur du tuyau atténue l'irradiation du film de 8 %.

Pour l'obtention d'une radiographie exploitable, l'opérateur estime que la dose déposée sur le film devra être de 400 mGy.

7.5. Le contrôle a lieu 50 jours après sa fabrication. En déduire l'activité de la source le jour du contrôle.

7.6. Calculer le débit de dose absorbée à 1 m de la source dû aux trois raies gamma citées ci-dessous, puis en déduire le débit de dose absorbée total.

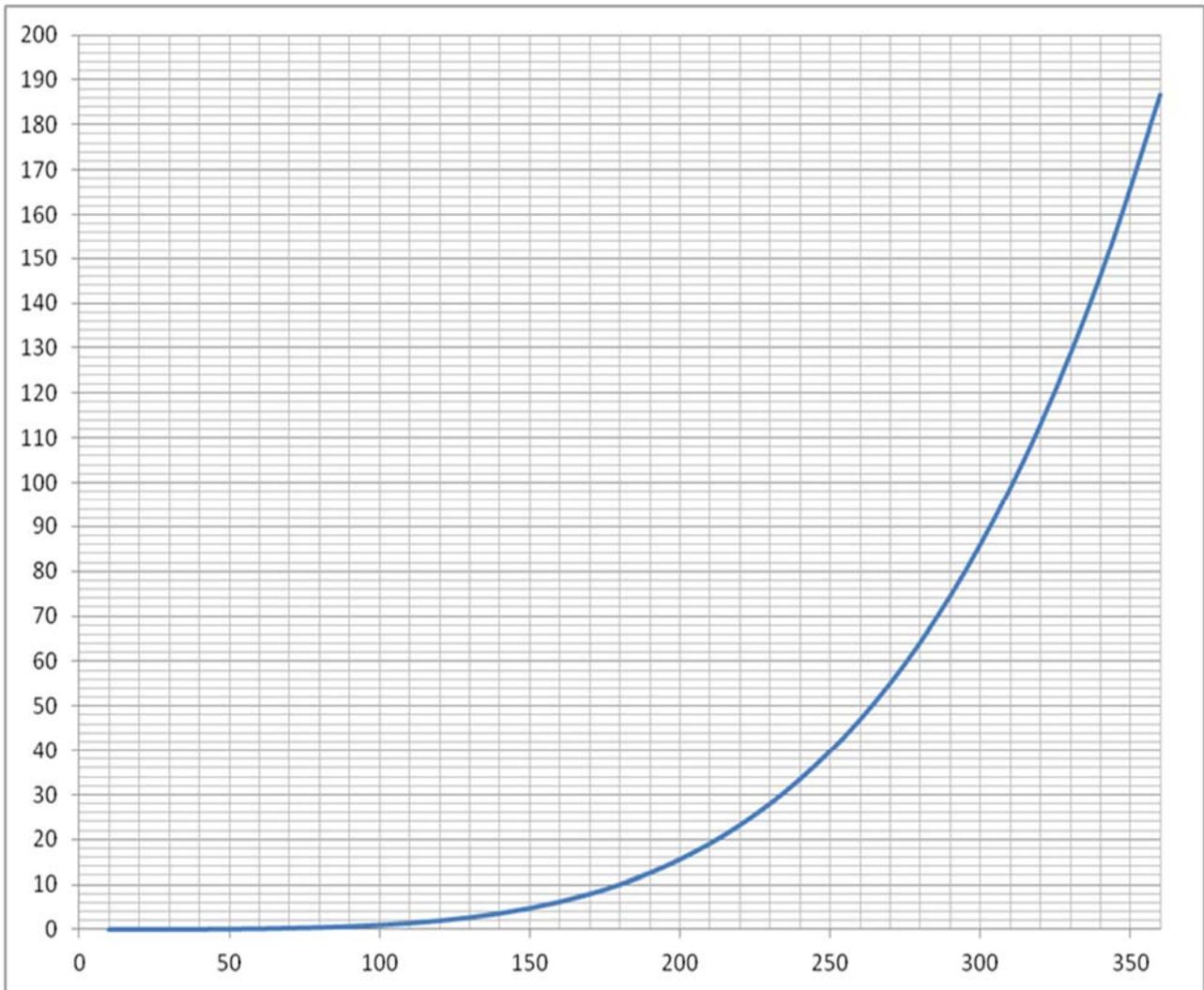
^{192}Ir	
Énergie (keV)	Intensité d'émission (%)
317	83
468	48
604	8

7.7. En déduire le débit de dose absorbée impactant le film radiosensible.

7.8. En déduire le temps d'exposition que doit respecter l'opérateur.

Document réponse 1
- À rendre avec la copie -

Pression en bar

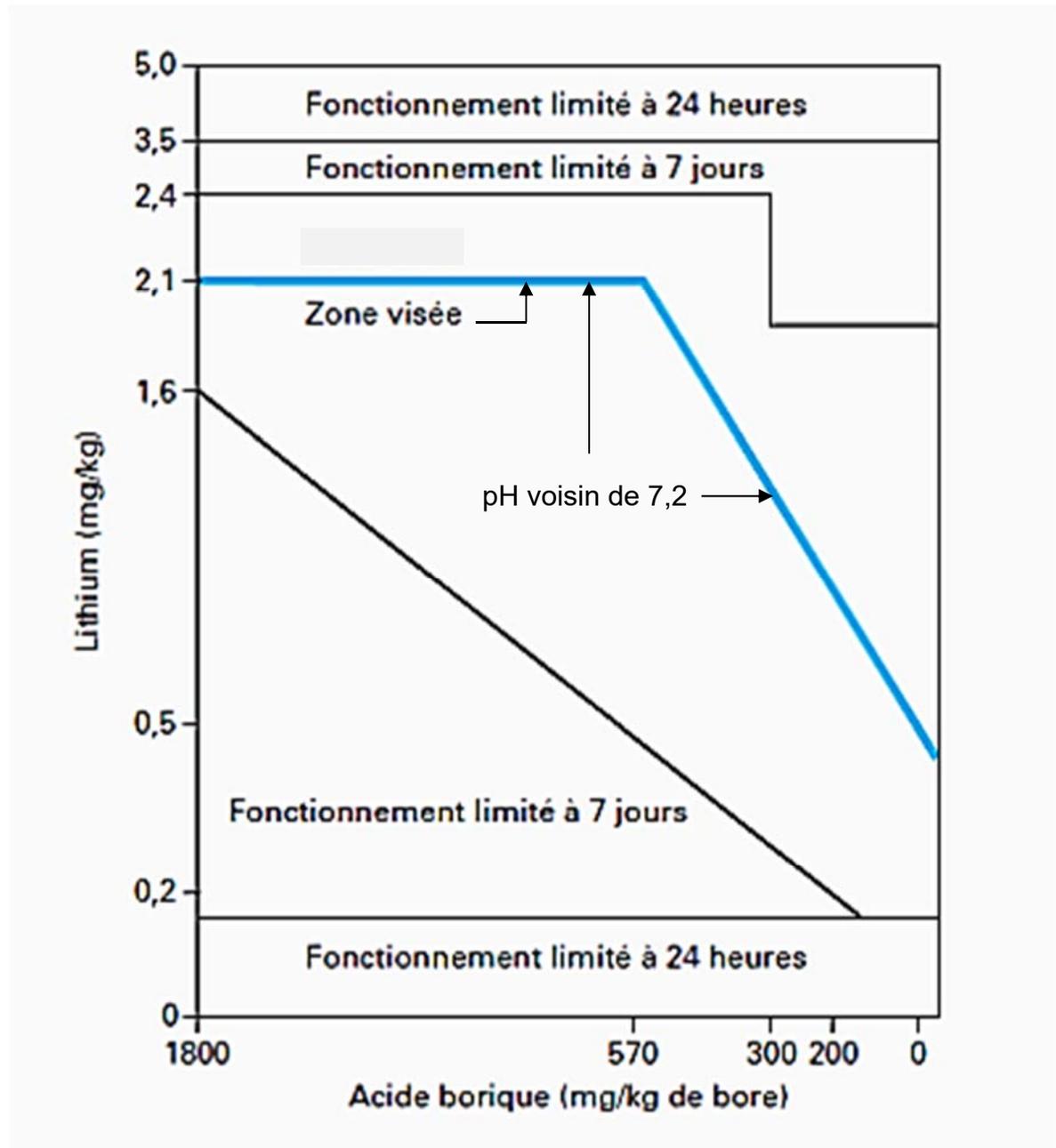


Température en °C

Courbe de vaporisation de l'eau

BTS Environnement nucléaire		Session 2023
U41 : pré-étude et modélisation	Code : 23ENE4MOD	Page 15/17

Document réponse 2
- À rendre avec la copie -



Document réponse 3
- À rendre avec la copie -

c	Localisation		Métier	\dot{H} ambiant au poste de travail en mSv/h	Effectif	Durée en h	Coefficient d'exposition	$E_{\text{individuelle}}$ en mSv	$S_{\text{collective}}$ en H.mSv
	Local	Poste travail							
Installation chantier	R332 R331	C	Tuyauteur		2	5	0,5		
Tronçonnage/ Dépose tuyauteries et supports	R331	A	Tuyauteur		3	10	0,7		
		B		0,30	3	18	0,7	3,78	11,34
Perçages/ Ajustage/ Préparation/ Accostage	R331	A	Tuyauteur		2	12	0,7		
		B	Tuyauteur	0,30	2	20	0,7	4,20	8,40
Soudures	R331	B	Soudeur	0,30	2	20	0,7	4,20	8,40
Contrôles	R331	B	Soudeur	0,30	2	4	0,5	0,60	1,20
Gammagraphie (tirs radiologiques)	R332 R331	C	CND		2	6	0,7		
Dépose calage et remise en peinture	R331	A	Tuyauteur		2	10	0,7		
		B		0,30	2	15	0,7	3,15	6,30
Encadrement/ RP	R332	D	Radioprotection		1	65	0,7		
								Total	

Document réponse 4
- À rendre avec la copie -

Métier	VTE en H·h	Dose collective efficace S en H·mSv	Quote-part en %
Tuyauteur			
Soudeur			
CND			
Radioprotection			
Total			

