



SERVICES CULTURE ÉDITIONS  
RESSOURCES POUR  
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Montpellier pour la  
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel**

Ce fichier numérique ne peut être reproduit, représenté, adapté ou traduit sans autorisation.

# BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

## Environnement Nucléaire

### E4 : Modélisation et choix techniques en environnement nucléaire

#### U4.1 : Pré-étude et modélisation

SESSION 2013

—  
Durée : 4 heures  
Coefficient : 3  
—

**Matériel autorisé :**

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (circulaire n°99-186, 16/11/1999)
- Formulaire de physique nucléaire et radioprotection

**Documents à rendre avec la copie :**

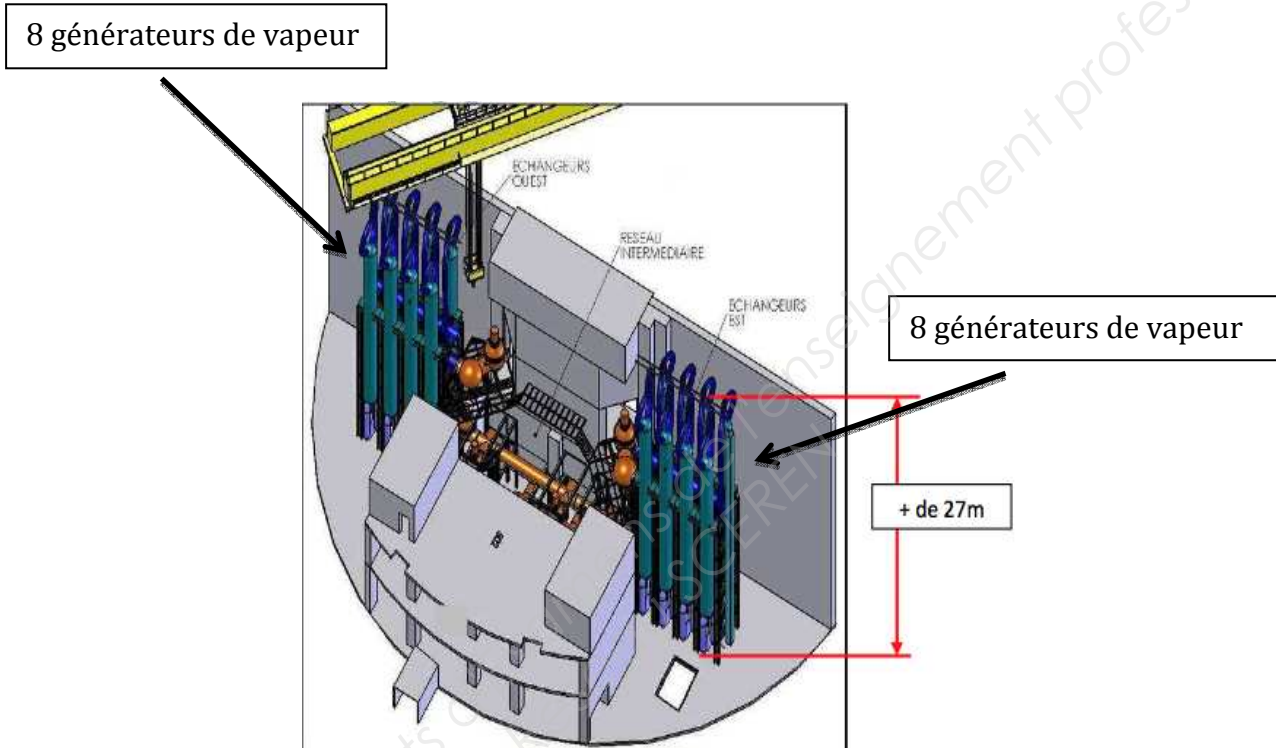
Document réponse ..... page 17/17

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

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 1 /17

Une centrale nucléaire est arrêtée depuis plusieurs années. Il est décidé de démanteler les 16 générateurs de vapeur des échangeurs CO<sub>2</sub>/eau (le CO<sub>2</sub> est le fluide caloporteur du circuit primaire et l'eau le fluide caloporteur du circuit secondaire).

Les travaux de démantèlement des équipements présents dans le bâtiment réacteur ne doivent à aucun moment mettre en cause la sécurité des personnes, ni l'intégrité des matériels en exploitation avoisinants.



Le démantèlement d'un générateur de vapeur passe par une phase de conditionnement de déchet dans le local prévu à cet effet, le local 502, atelier de réduction de volume des composants.

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 2 /17

## A. Démantèlement des générateurs de vapeurs

### I. Phase de décrochage des générateurs de vapeur

Le découpage des éléments d'un générateur de vapeur (GV) se fait dans un sas étanche.

Le GV doit donc être soulevé à l'aide d'un treuil puis amené jusqu'au sas.

Le cahier des charges prévoit l'utilisation du treuil de 45 tonnes du pont polaire pour soulever les GV qui pèsent 37 tonnes chacun.

Ce treuil n'a pas été conçu pour cette opération et la centrale est à l'arrêt depuis 10 ans.

Le but de l'étude est de déterminer si le treuil peut être utilisé pour soulever le GV.

Les informations utiles pour cette partie sont regroupées dans le document technique 1.



Photo de l'opération avec le treuil de 45 t

#### 1. Puissance utile du treuil

1.a. Le moteur électrique du treuil est alimenté par un réseau triphasé sur lequel il est couplé en étoile. Montrer que la puissance active  $P_a$  absorbée par ce moteur est de l'ordre de 20 kW en fonctionnement nominal. Pour la suite, on prendra  $P_a = 20$  kW.

1.b. Une étude du moteur a permis d'évaluer les différentes pertes mécaniques dues aux jeux et à une maintenance non effectuée depuis longtemps. On les note  $P_m$ .

On mesure  $P_m = 3,4$  kW. On négligera les autres pertes dans ce moteur.

Déterminer la puissance utile  $P_u$  que pourra délivrer ce moteur.

#### 2. Levage des GV

Vérifier que la puissance mécanique nécessaire  $P_L$  pour lever le GV est de 16,3 kW.

#### 3. Conclusion.

Le treuil peut-il être utilisé pour cette opération ? Commenter la réponse.

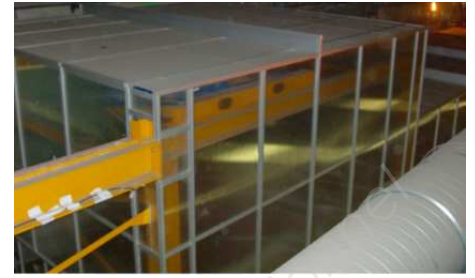
<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 3 /17

## II. Travail dans l'atelier de réduction de volume des composants

La découpe d'éléments du GV se fait à la scie orbitale dans un sas dont le volume  $V_S$  est égal à  $160 \text{ m}^3$ .

Le système d'extraction est directement relié au système de ventilation du bâtiment réacteur qui a un débit maximum  $D_{\max}$  égal à  $1340 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ .

On souhaite identifier la pompe adaptée à cette opération parmi celles présentées dans le document technique 2.



Hypothèses :

Les écoulements sont permanents.

L'air est assimilé à un fluide incompressible de masse volumique  $\rho = 1,3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

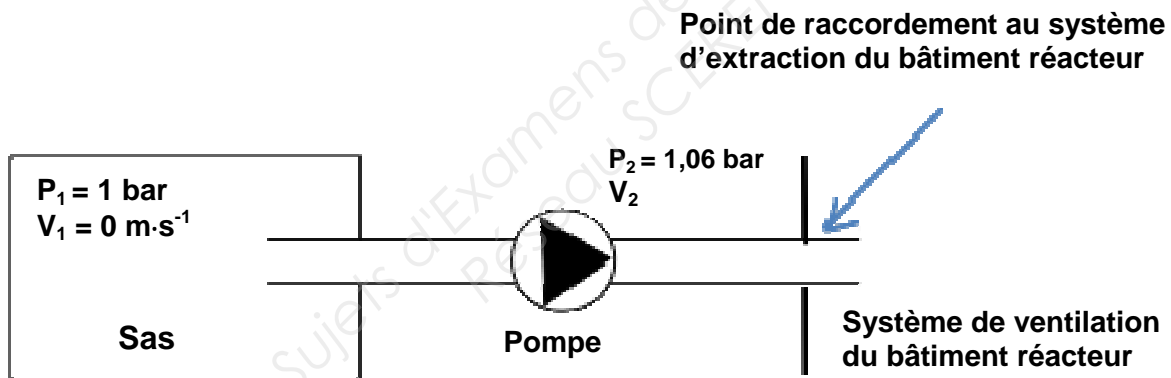
Les écoulements de fluide se font à altitude constante :  $z = \text{cste}$ .

Le diamètre de la canalisation où s'écoule le fluide est constant et égal au diamètre de sortie de la pompe.

La pression de l'air dans le sas,  $P_1$  est égale à 1 bar et la vitesse de l'air  $V_1$  à l'entrée de la conduite d'extraction dans le sas est négligeable.

Données

Relation de Bernoulli :  $\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho g (z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{P_{\text{pompe}}}{Q_v} - \Delta p$



### 1. Dimensionnement de la pompe

Les pertes de charge sont négligées dans cette partie.

1.a. On dimensionne la pompe de manière à ce que l'air dans le sas se renouvelle 6 fois par heure. Calculer le débit volumique  $D_{\text{air}}$  de l'air dans cette pompe. L'exprimer en  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  et en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

1.b. Ce débit est-il compatible avec le débit du système d'extraction du bâtiment réacteur ? Valider le choix de la pompe B200 pour ventiler le sas.

1.c. Quelle est la vitesse  $V_2$  de l'air, exprimée en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ , dans la canalisation à la sortie de la pompe ?

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 4 /17

## 2. Maintenance de la pompe

Les pertes de charge sont maintenant prises en compte.

Les impuretés dues à la découpe dans le sas sont retenues par une mousse filtrante et un pré filtre. Le fabricant de la pompe préconise un changement de la mousse filtrante et du pré filtre lorsque les pertes de charge  $\Delta P$  ont une valeur comprise entre 600 et 1000 Pa.

Afin de définir la maintenance nécessaire, on souhaite déterminer le débit volumique en  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  de la pompe pour les deux valeurs limites de la perte de charge  $\Delta P$ ,  $\Delta P_1 = 600$  Pa et  $\Delta P_2 = 1000$  Pa.

2.a En comparant les ordres de grandeurs des termes de l'équation de Bernoulli, vérifier que dans le cas étudié, pour une vitesse  $V_2$  du fluide inférieure ou égale à  $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ , on peut

utiliser la relation simplifiée :  $(p_2 - p_1) = \frac{P_{\text{pompe}}}{Q_v} - \Delta p$

2.b. Calculer le débit volumique pour les deux valeurs de la perte de charge. La condition d'application de la relation simplifiée est-elle vérifiée ?

2.c Indiquer la valeur de perte de charge pour laquelle le changement de la mousse et du filtre doit être fait pour le chantier de découpe dans le sas.

## III. Protection contre le bruit.

La découpe à la scie orbitale est bruyante et peut être dangereuse. La durée de découpe est de 5 h. L'activité est séparée en 3 phases :

Phase 1 : 2 h sur poste puis 30 minutes de pause

Phase 2 : 2 h sur poste puis 30 minutes de pause

Phase 3 : 1 h sur poste.

On souhaite, à partir des documents sur les niveaux sonores et la norme au travail, prévoir la meilleure protection individuelle possible en cas de besoin.

Les documents pour cette étude sont fournis en annexe, document technique 3-1 à 3-5.

On négligera les effets de réverbération sur les parois du sas.

Les sources sonores sont supposées ponctuelles.

Lorsque la scie orbitale fonctionne, le niveau sonore  $L$  mesuré à 1 mètre (oreilles de l'opérateur) est égal à 85 dB et la fréquence du son émis est de 2 kHz.

### 1. Cas d'un opérateur seul sur le chantier

1.a. En utilisant le document technique 3-5, donner en dB(A) la valeur  $L_1$  du niveau sonore pondéré suivant la courbe A, pour le son émis.

1.b. Compte tenu de la valeur de ce niveau sonore, peut-on envisager une durée de découpe de 5 heures (réparties en 3 phases) pour une personne travaillant seule, sans nocivité ?

### 2. Cas de deux opérateurs sur le chantier

2.a. Les deux opérateurs travaillent sur le même tronçon du générateur de vapeur avec une scie orbitale. Ils sont placés de telle façon que les oreilles de chacun d'eux se trouvent à 1 mètre des 2 sources sonores. Peut-on dans ce cas, prévoir une durée de découpe de 5 h (réparties en 3 phases) sans nocivité ?

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 5 /17

2.b. Afin de prévenir les risques auditifs pour les opérateurs, une préparation de chantier a montré qu'il est possible de les éloigner l'un de l'autre. Chaque opérateur se retrouve donc à 1 m de sa scie et à 4 m de celle de son équipier.

Quel sera le niveau sonore pour chacun d'eux ?

Peut-on dans ce cas prévoir un temps de découpe de 5 h (réparties en 3 phases) sans nocivité ?

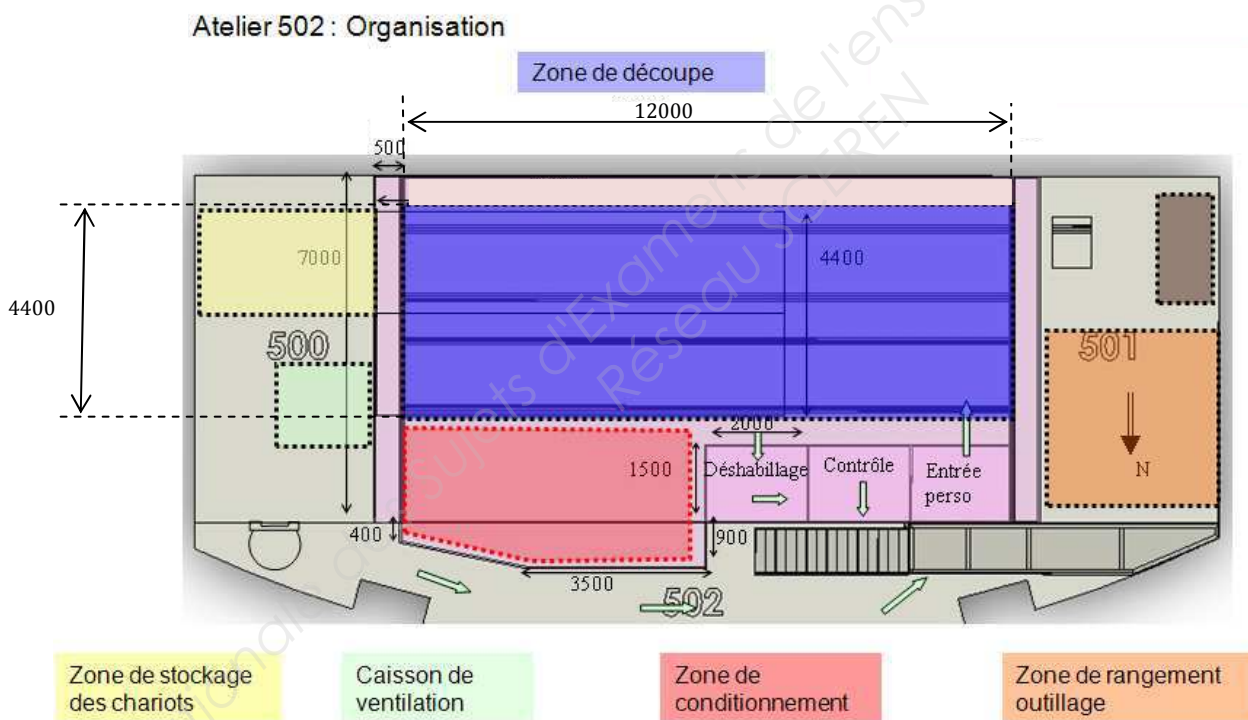
2.c. Si une protection est nécessaire, proposer en fonction des niveaux sonores et des contraintes d'espace du sas, la solution qui semble la plus adaptée.

## B. Incident de contamination

Lors de la mise en place du tronçon de générateur de vapeur dans le local 502, de la poussière de découpe contaminée se disperse dans le local, provoquant la contamination du personnel se trouvant sur le poste de travail. Ces derniers ne s'en rendent compte qu'au bout de 10 minutes.

Le rapport de la balise aérosol indique une mesure de  $3 \cdot 10^5 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$  en cobalt 60.

Le tronçon se situe dans la zone de découpe de l'atelier 502 dont les dimensions sont indiquées ci-dessous. La hauteur H du local est égale à 3 000 mm.



<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 6 / 17

## I. Estimation de la dose engagée

Une personne compétente en radioprotection (PCR) est sollicitée. Elle décide d'évaluer la dose efficace engagée prise par le personnel. Le débit de dose au poste de travail est de  $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

1. Sachant que le débit moyen respiratoire  $Q$  est de  $1,2 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$  et que la personne a séjourné pendant 10 min dans le local au contact de la contamination atmosphérique, calculer l'activité incorporée  $A_{\text{inh}}$  par l'exécutant.
2. On suppose l'activité incorporée égale à 60 kBq. Déterminer la dose efficace engagée suite à l'inhalation de poussières radioactives (type S) remises en suspension. (cf document technique 4)

## II. Arrêt de chantier.

Suite au rapport de la balise aérosol, le travail est suspendu. La ventilation est en fonctionnement avec un débit  $Q_{\text{ext}}$  égal à  $70 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ . On désire estimer le temps au bout duquel le travail dans le local 502 peut redémarrer et reclasser le local si nécessaire.

1. Calculer le taux de renouvellement d'air  $R_{\text{air}}$  en  $\text{h}^{-1}$ .
2. L'activité initiale dans le local étant de  $3\cdot 10^5 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$  en cobalt 60, justifier qu'après 30 min d'extraction d'air, le local n'est toujours pas accessible sans équipement de protection des voies respiratoires. On considère  $AV < 1225 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , pour une contamination en cobalt 60 sans protection des voies respiratoires. On prendra  $R_{\text{air}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ .
3. On souhaite reprendre les travaux dans l'atelier 502 sans équipement des voies respiratoires. Pour ce faire, on détermine le temps au bout duquel le local retrouvera une activité en dessous de 1 RCA. Cette limite correspondant au zonage vert et permet un accès dans des conditions normales. On considèrera que l'air du local est totalement renouvelé au bout de 30 min et que l'activité volumique est de  $300 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- 3.a. Montrer que pour le cobalt 60, 1 RCA vaut  $1225,5 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ .
- 3.b. Calculer  $T$  la durée d'arrêt des travaux pour une reprise dans des conditions normales, sans appareil de protection des voies respiratoires.

## III. Zonage

Le lendemain de l'incident, la PCR constate que la balise aérosol se situant dans le local, n'indique plus de contamination. Celle-ci a donc bien été en partie supprimée grâce au renouvellement d'air du local. Cependant une partie de la contamination en cobalt 60 s'est déposée sur le sol du local, ce qui rend l'atelier 502 inaccessible.

La PCR décide de réaliser une série de frottis sur le sol, afin de définir un nouveau zonage du local. Celui-ci était classé initialement en zone verte.

Les mesures ont été réalisées avec un MIP sur lequel est branchée une sonde bêta dont la surface de détection est de  $30 \text{ cm}^2$ . Le rendement appareil est de 20 %.

Résultat d'un des frottis de  $15 \text{ cm}^2$  effectués sur une surface de  $300 \text{ cm}^2$ :

→ Frottis n°1 : 500 c/s net.

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 7 /17



Afin de reclasser le local, il est nécessaire de calculer l'activité surfacique ainsi que l'activité volumique due à la remise en suspension. On considèrera un coefficient de remise en suspension de 1 pour 1000.

On rappelle que le débit de dose au poste de travail est de  $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

1. Décrire le protocole à suivre ainsi que l'équipement à revêtir pour réaliser les frottis dans l'atelier.

2. Calculer l'activité surfacique  $A_S$  (le nombre de chocs dus au bruit est négligé). On utilisera la mini table du radionucléide donnée sur le document technique 5.

3. On considèrera que l'activité surfacique est de  $330 \text{Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ . Calculer l'activité volumique du local.

4. Validation du zonage :

Déterminer si le local changera de zonage ou s'il restera en zone verte sachant que l'activité du local est de  $1000 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ . On considèrera que 1 RCA sera atteint lorsque l'activité volumique sera de  $1225,5 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ , pour une contamination en cobalt 60. On rappelle que le débit de dose au poste de travail est de  $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ . (Voir le formulaire pour les critères de classification des locaux en fonction du nombre de RCA)

#### IV. Prévisionnel de dose.

Lors de l'intervention dans l'atelier 502, les intervenants doivent poser des bouchons de chaque côté du tronçon puis le conditionner afin que celui-ci puisse être évacué comme déchet.

Lors de cette intervention, l'exécutant doit passer par différentes phases de travail comme indiqué dans le tableau ci-dessous.

L'objectif de l'étude sera de déterminer le débit de dose à laquelle les intervenants seront soumis afin de définir la dose collective.

N°	Tâches	$D^\circ_{\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}}$	Temps d'exposition en min	Nombres d'intervenants
1	Préparation de la zone d'intervention	15	15	2
2	Mise en place des bouchons	20	45	2
3	Conditionnement du tuyau	20	30	2
4	Replis de chantier	15	20	2

1. Établir le prévisionnel de dose. On complètera le document réponse page 17/17

2. Calculer la dose collective du chantier.

3. Quelle est la dose individuelle moyenne ?

4. Analyser cette dosimétrie sachant que le personnel intervenant est classé catégorie B.

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 8 / 17

**Document technique 1**

code	Modèle KR 750
Capacité de levage	45 t
Hauteur de levage	12 m
Vitesse de levage (m·min <sup>-1</sup> )	2,7
$\Delta V / \Delta I$	230 / 57
Y V / Y I	400 / 33
cos $\Phi$	0,87

**Document technique 2**

	Type	B50*	B200*	B400*	B500*
	Débit (m <sup>3</sup> /h)	650	2000	5000	5200
	Masse (kg)	20	48	91	115
	Dimensions (Lxlxh) mm	700x390x390	910x500x600	1004x700x770	1090x690x860
	Puissance (W)	460	1610	3220	2400
	Diamètre sortie (mm)	206	305	406	406
	Filtration	Pré-filtre G4 associé à filtre THE H13			
	Contrôle encrassement filtres	Suivi de l'encrassement du filtre THE à l'aide d'un manomètre et d'un voyant indiquant le colmatage			
	Particularité	Afin de limiter l'encombrement de ces systèmes dans les sas, il est possible de déposer uniquement la partie filtration, caisson contenant un pré-filtre et un filtre THE, puis de relier ce dernier à la partie « groupe déprimogène » installé dans une zone plus adaptée.			

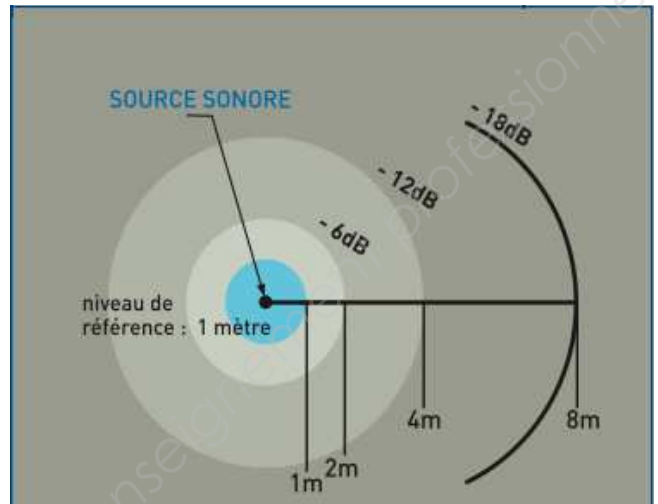
Le débit de la pompe est réglable. La valeur maximale est donnée dans la documentation.

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 9 / 17

**Document technique 3-1**  
Niveaux sonores

**ÉCHELLE DES DÉCIBELS**

15 dB	Bruissement de feuilles	
20 dB	Chuchotement / Jardin paisible	
25 dB	Conversation à voix basse	
30 dB	Appartement dans un quartier tranquille	
35 dB	Bateau à voile / Tic tac de montre	
40 dB	Rue résidentielle	
50 dB	Bruit d'une voiture au ralenti	
60 dB	Grands magasins / Sonnerie de téléphone	
70 dB	Restaurant bruyant / Train passant en gare	
85 dB	Radio volume à fond / Tondeuse à gazon	
↳ <b>facteur de troubles auditifs</b>		
95 dB	Rue au trafic intense / Atelier de forgeage	
↳ <b>pénible à entendre</b>		
100 dB	Marteau piqueur / Baladeur à fond	
105 dB	Discothèque / Concert	
↳ <b>difficile à supporter</b>		
110 dB	Atelier de chaudronnerie	
↳ <b>seuil de douleur</b>		
120 dB	Moteur d'avion / Rave party (niveau de crête)	
130 dB	Décollage d'un avion / Formule 1	
↳ <b>exige une protection auditive</b>		
140 dB	Turbo réacteur au banc d'essai	
180 dB	Fusée Ariane au décollage	



**Atténuation de l'intensité sonore avec le doublement de la distance**

Le son commence à être **dangereux pour l'oreille à partir de 85 dB** (radio très puissante, circulation intense, tondeuse à gazon). **Le seuil de douleur est atteint à partir de 120 dB**. À ce stade, il y a un risque de lésions irréversibles pour l'oreille.

**REPÈRES**

L'intensité sonore s'atténue de 6 dB chaque fois que l'on double la distance entre la source émettrice et le point d'écoute.

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 10 / 17

## Document technique 3-2

### Durée de travail

## Document INRS

### Réglementation et prévention des risques liés au bruit

#### Exposition du travailleur

Dans un lieu de travail, les sources de bruit sont multiples et situées en des endroits divers. Le bruit reçu en totalité, appelé bruit ambiant, est la somme du bruit provenant de toutes ces sources et des réflexions sur les parois (s'il s'agit d'un local).

Le niveau de bruit auquel les travailleurs sont soumis peut varier au cours de la journée. Il est donc indispensable de prendre en compte le temps d'exposition aux différents niveaux de bruit. La « dose » de bruit acceptable est une combinaison du niveau et de la durée d'exposition.

#### L'échelle sonore en décibels

0 dB (A) = bruit le plus faible que l'oreille humaine peut percevoir

50 dB (A) = niveau habituel de conversation

80 dB (A) = seuil de nocivité (pour une exposition de 8 heures)

120 dB (A) = seuil de douleur

#### Durées d'exposition quotidienne au bruit nécessitant une action

Niveau sonore en dB (A)	Durée d'exposition maximale
80	8 heures
83	4 heures
86	2 heures
89	une heure
92	30 minutes
95	15 minutes
98	7,5 min

Être exposé 8 heures à 80 dB (A) est théoriquement aussi dangereux que d'être exposé 1 heure à 89 dB (A).

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 11 / 17

## Document technique 3-3

### Cas de deux sources sonores

#### Exemple — Apport de bruit dans un atelier industriel :

On désire connaître le niveau de bruit à un nouveau poste de travail dans un atelier industriel.

- Le niveau sonore dans l'atelier est de 78 dB.
- Le constructeur de la machine destinée à ce nouveau poste indique que l'opérateur subit un niveau sonore de 77 dB en période d'attente et 81 dB en période de travail.

En période d'attente, le niveau de bruit de l'ambiance de l'atelier est supérieur de 1 dB à celui de la nouvelle machine ; il sert de base. On ajoute à ces 78 dB la valeur lue dans le tableau sous 1 dB, soit 2,5. Le niveau de bruit résultant sera de 80,5 dB.

En période de travail, le bruit de la machine domine de 3 dB l'ambiance. Le bruit résultant au poste de travail est de  $81 + 1,8 \approx 83$  dB (il est parfaitement illusoire de considérer les décimales dans ces circonstances).

Tableau récapitulatif du niveau d'intensité sonore à ajouter à une source en présence d'une deuxième source.

Somme de deux signaux indépendants  $L_1 > L_2$

$L_1 - L_2$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	> 19
Ajouter à $L_1$	3 dB	2,5 dB	2,1 dB	1,8 dB	1,5 dB	1,2 dB	1 dB	0,8 dB	0,6 dB	0,5 dB	0,4 dB	0,3 dB	0,2 dB	0,1 dB	0 dB

$L_1$  et  $L_2$  : niveaux sonores des deux sons

**Document technique 3-4**  
Protections sonores et atténuations

### Écrans acoustiques

La réduction du niveau sonore apportée par l'écran à quelques mètres derrière lui n'excède jamais quelques décibels et n'atteint son maximum d'efficacité que si le local a été préalablement rendu absorbant par un traitement acoustique sur les parois. Les boxes formés par 3 écrans permettent d'isoler les postes de travail bruyants, surtout s'ils sont associés à un traitement.

*Atténuation possible : 8 dB*

### Cloisonnement

Cloisonner consiste à mettre en place une paroi hermétique permettant de séparer l'ensemble des sources de bruit des opérateurs.

*Atténuation possible : 7 dB*

### Protecteurs individuels

Lorsque les moyens de protection contre le bruit ont été envisagés et qu'ils n'ont pu être mis en œuvre ou qu'ils n'ont pas permis de réduire suffisamment les expositions, il est possible de recourir à des protecteurs individuels contre le bruit.

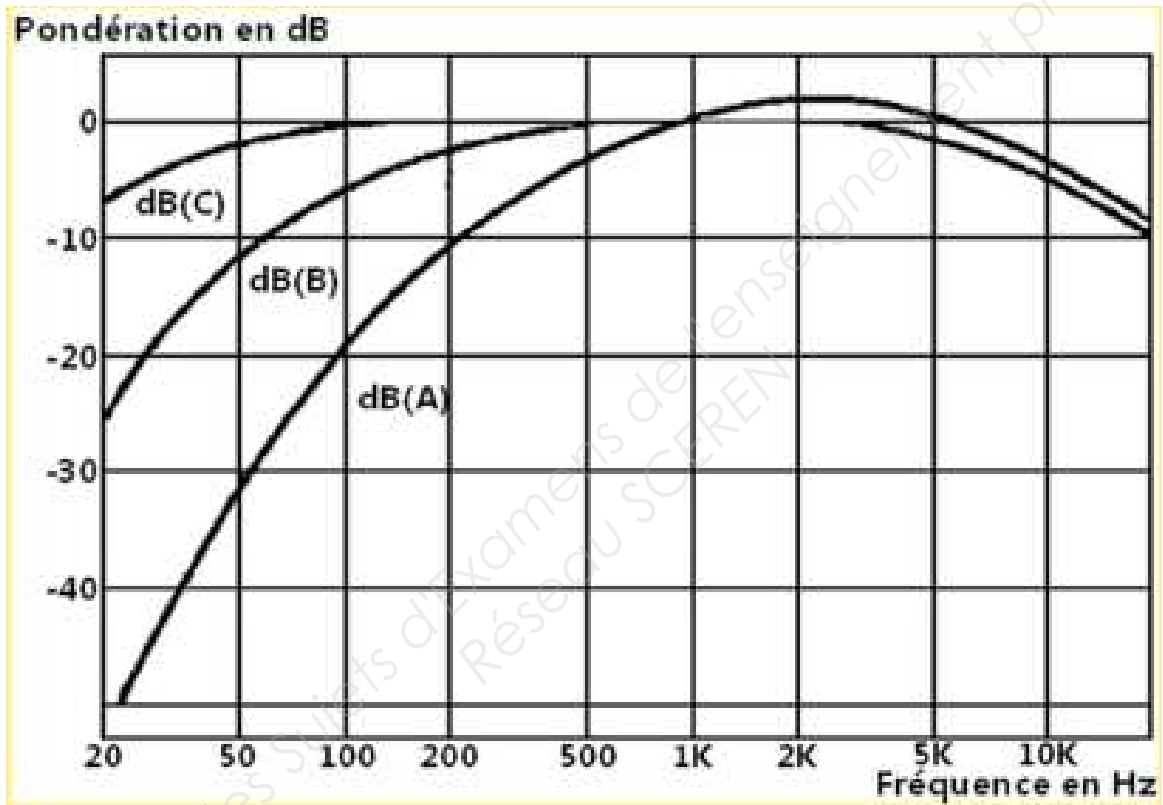
2 catégories de protecteurs individuels contre le bruit

- Protecteurs munis de « coquilles » (qui englobent le pavillon de l'oreille) : casque, serre-tête, serre-nuque
- Bouchons d'oreilles (qui obstruent le conduit auditif)

*Atténuation possible : 5 dB*

<b>BTS Environnement nucléaire</b>		<b>Session 2013</b>
U41 : pré-étude et modélisation	Code : ENE4MOD	Page : 13 /17

**Document technique 3-5**  
Pondérations du niveau sonore  
A, B, C



**Document technique 4**

Extrait de l'arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003 définissant les modalités de calcul des doses efficaces et des doses équivalentes résultant de l'exposition des personnes aux rayonnements ionisants.

Doses efficaces engagées par unité d'incorporation par inhalation et par ingestion.  
En Sv.Bq<sup>-1</sup>.  
Applicables aux travailleurs exposés.

Nucléide	Période physique	Inhalation		Ingestion
		Type	h(g)	h(g)
CO-55	17,5 h	M	$7,8 \cdot 10^{-10}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$
		S	$8,3 \cdot 10^{-10}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$
CO-60	5,27 a	M	$7,1 \cdot 10^{-9}$	$3,4 \cdot 10^{-9}$
		S	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$
CO-61	1,65 h	M	$7,1 \cdot 10^{-11}$	$7,4 \cdot 10^{-11}$
		S	$7,5 \cdot 10^{-11}$	$7,4 \cdot 10^{-11}$



## Document technique 5

Mini table du radionucléide.

<div style="display: inline-block; border: 1px solid black; padding: 5px;"> <math>^{60}_{27}\text{Co}</math> </div>	$T_{1/2} : 5,2710 (8) \text{ a}$ Cobalt
Descendant(s) : ( $\beta^-$ ) Ni-60	
<b>Bêta</b> – (3 émissions) - $\Sigma(I_{\beta^-})$ omis : 0,12 %	
E max. (keV)	E moy. (keV)      Intensité (%)
317,32	95,6      99,88
<b>Gamma</b> (6 émissions) - $\Sigma(I_{\gamma})$ omis : 0,016 %	
Énergie (keV)	Intensité (%)    Type    Origine
1 173,23	99,85 $\gamma$ Ni-60
1 332,49	99,9826 $\gamma$ Ni-60
Mode de production	Impuretés possibles
Co-59 (n, $\gamma$ )	Co-60      none
Référence : <b>INEEL - 2006</b>	

## Document réponse

### Partie IV – Question 1.

N°	Nombre d'intervenants	Débit de dose absorbé $D_{\mu\text{Gy/h}}$	Temps d'exposition en heure	Dose absorbée $D_{\mu\text{Gy}}$	Dose efficace $E_{\mu\text{Sv}}$	Dose collective en Homme $\mu\text{Sv}$
1	2	15	15/60			
2	2	20	45/60			
3	2	20	30/60			
4	2	15	20/60			