



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

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

session 2011

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

Travaux Publics

Mathématiques Physique Appliquée

ÉPREUVE E3

UNITÉ U32

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

À l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Documents à rendre avec la copie :

- Document Réponse n°1 page 8/9.
- Document Réponse n°2 page 9/9.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 9 pages numérotées de 1/9 à 9/9.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 1 sur 9

CHAUFFAGE DE LA CHAUSSÉE D'UN PONT

INTRODUCTION : Des chercheurs allemands ont développé un nouveau procédé de chauffage qui permet de réduire fortement la formation de verglas sur les ponts. Un circuit hydraulique alimente une « nappe » de tubes, intégrée au revêtement d'asphalte du pont. Un fluide caloporteur qui circule en circuit fermé à l'intérieur des tubes, permet de réchauffer la surface d'asphalte et d'éviter ainsi la formation de verglas. Durant l'été, le fluide caloporteur, qui circule sous le revêtement d'asphalte, est réchauffé naturellement par le Soleil. La chaleur est ensuite stockée, en profondeur, sous la surface du sol, par l'intermédiaire de sondes géothermiques en matière plastique. Durant l'hiver, quand cela s'avère nécessaire, cette chaleur est remobilisée pour empêcher la formation de verglas.

Le problème est composé de 3 parties indépendantes :

- Partie A : Hydrostatique et hydrodynamique (8 points).

Pour montrer que les pressions mises en jeu dans le dispositif hydraulique de chauffage ne sont pas excessives, (ce qui limite les risques de fuites du fluide caloporteur potentiellement polluant), on fait l'étude hydraulique du pont lors d'une chaude journée estivale.

- Partie B : Thermique (6 points).

Afin de mettre en évidence l'efficacité du dispositif de chauffage pour éviter la formation de verglas, on fait l'étude énergétique de ce dispositif lors d'une journée hivernale. Cette étude va permettre, également, de montrer l'intérêt d'isoler le dessous du pont.

- Partie C : Chimie (6 points).

Bien que la quantité de matière plastique nécessaire pour la réalisation des sondes géothermiques de ce dispositif ne soit pas « hors normes », cette étude va mettre en évidence que cette réalisation va nécessiter une grande quantité de matière première (ici, en l'occurrence, du gaz butane).

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 2 sur 9

• **Partie A : Hydrostatique et hydrodynamique (8 points).**

Le schéma de principe du circuit emprunté par le fluide caloporteur est représenté sur la figure 1.

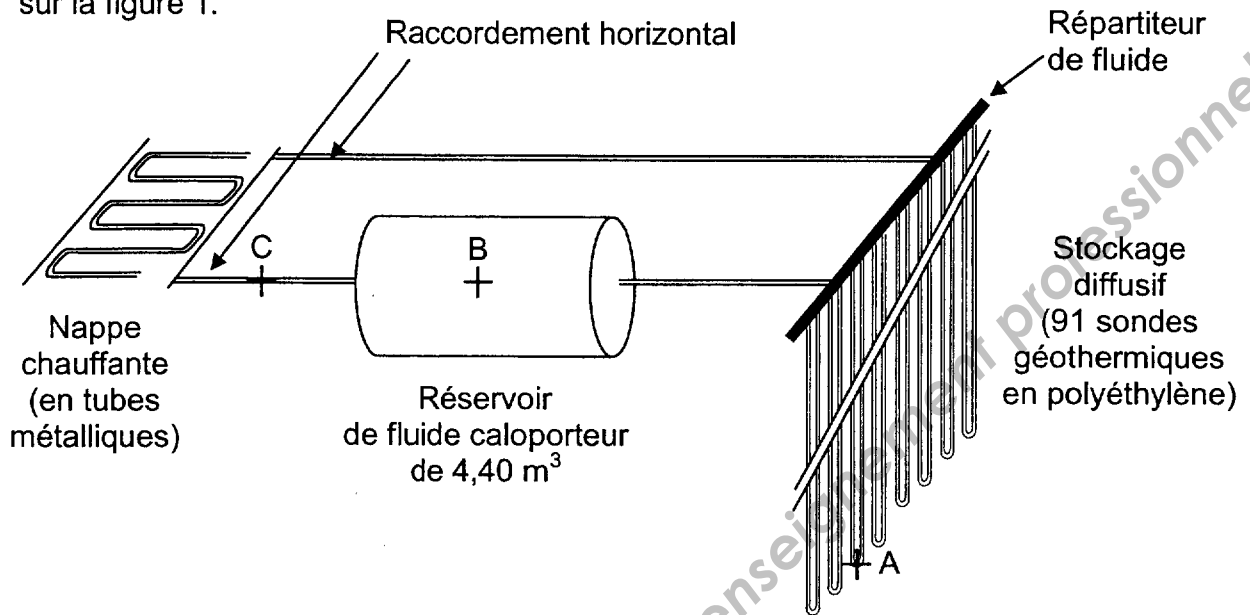


FIGURE 1

Hypothèses : le fluide est parfait et incompressible, l'écoulement (quand il a lieu) est stationnaire et les pertes de charge sont nulles.

Données : accélération de la pesanteur $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.
 masse volumique du fluide caloporteur : $\rho = 1,07 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.
 diamètre intérieur des raccords horizontaux : $D_H = 85,0 \text{ mm}$.
 diamètre intérieur des sondes (verticales) : $D_S = 26,0 \text{ mm}$.
 le point A est enfoui dans le sol, 150 mètres plus bas que B.
 volume du réservoir : $4,40 \text{ m}^3$.
 longueur du réservoir : $L = 3,25 \text{ m}$.
 équation de Bernoulli entre deux points 1 et 2 :

$$\frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = 0$$

Rappel : 1 bar = 10^5 Pa .

A.1 Le fluide est immobile dans le circuit hydraulique. Les points B et C sont tous deux à la même altitude : celle du tablier du pont.

A.1.1 Montrer que p_B et p_C , les pressions effectives respectives aux points B et C ont la même valeur.

A.1.2 Sachant que $p_C = 0,300 \text{ bar}$, calculer p_A : la valeur de la pression effective en A.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 3 sur 9

A.2 Le fluide circule maintenant dans le circuit hydraulique. Le débit total, dans la partie horizontale du circuit, est $Q_v = 41,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

A.2.1 Calculer, en respectant les unités légales du Système International (S.I.), v_C , la vitesse d'écoulement du fluide caloporteur au point C.

A.2.2 En utilisant la loi de conservation du débit volumique, déterminer l'expression de v_B en fonction de v_C , D_H et D_R (le diamètre intérieur du réservoir cylindrique).

A.2.3 Calculer D_R .

A.2.4 Vérifier que v_B , la vitesse d'écoulement du fluide caloporteur au point B vaut sensiblement $8,5 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

A.3 La pression en C devient : $p'_C = 0,234 \text{ bar}$ (le fluide étant toujours en mouvement), calculer, à l'aide de l'équation de Bernoulli, p'_B , la nouvelle pression en B. La vitesse d'écoulement du fluide en B sera négligée devant celle en C.

A.4 Le dispositif de « stockage diffusif » comporte 91 sondes géothermiques. Ces sondes sont de longs tubes en forme de U dans lesquels circule le fluide caloporteur. Elles sont montées en parallèle, il y a donc une répartition équitable du fluide dans les 91 sondes.

A.4.1 Calculer, en respectant les unités légales du S.I., Q_{vA} , le débit volumique en bout de sonde (point A).

A.4.2 En déduire la valeur v_A , la vitesse du fluide au point A.

• **Partie B : Thermique (6 points).**

La surface de la chaussée du pont à dégivrer est de 1300 m^2 . On négligera les « effets de bord » du pont ainsi que les effets de la propagation horizontale de la chaleur.

La température de la nappe de tubes est $\theta_t = 9,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

La température ambiante est $\theta_a = -2,0 \text{ }^\circ\text{C}$.

Les résistances thermiques superficielles d'échange convectif au dessus et en dessous du pont sont supposées toutes deux égales à $\frac{1}{h} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

La figure 2 représente la structure du pont en coupe.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 4 sur 9

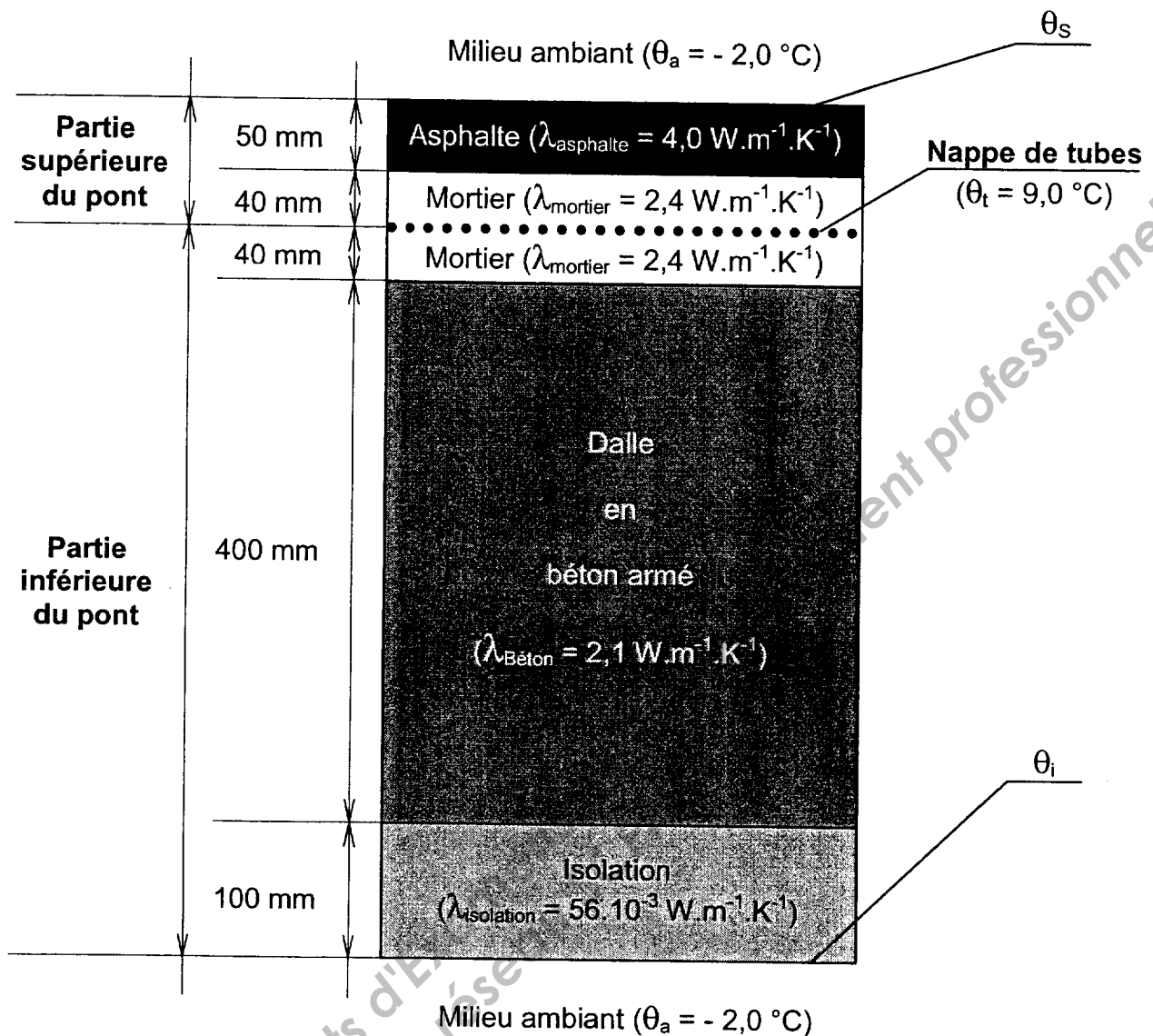


FIGURE 2

B.1 Dans le circuit hydraulique précédent, l'enceinte du réservoir est supposée « adiabatique ». Que signifie ce terme ?

B.2 Étude de la partie supérieure du pont.

B.2.1 Déterminer R_s , la résistance thermique de la partie supérieure du pont. On précisera l'unité de R_s .

B.2.2 Déterminer ϕ_s , la densité de flux thermique dans la partie supérieure du pont.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 5 sur 9

B.2.3 Étude de θ_s , la température de surface de la chaussée du pont.

B.2.3.1 Calculer θ_s , la température de surface de la chaussée du pont indiquée sur le schéma de la figure 2.

B.2.3.2 Cette température va-t-elle favoriser, ou non, la mise hors gel de la chaussée ?

B.3 Étude de la partie inférieure du pont.

B.3.1 Avec l'aide du DOCUMENT RÉPONSE N°1 « carte des températures de surface du pont chauffant », déterminer graphiquement θ_i , la température de surface du dessous du pont.

B.3.2 Que peut-on en conclure ?

B.4 En supposant que φ_i , la densité de flux thermique dans la partie inférieure du pont, vaut $5,3 \text{ W.m}^{-2}$ et $\varphi_s = 85 \text{ W.m}^{-2}$, déterminer φ , la densité totale de flux thermique que doit produire la nappe de tuyaux chauffants.

B.5 En déduire la puissance de chauffage correspondante.

B.6 Étude de l'efficacité de l'isolation de la partie inférieure du pont.

B.6.1 Calculer la puissance perdue au niveau de la partie inférieure du pont.

B.6.2 Montrer que cette puissance représente moins de 6 % de la puissance calculée à la question B.5.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 6 sur 9

• **Partie C : Chimie (6 points).**

Les masses molaires atomiques du carbone et de l'hydrogène sont, respectivement : $M(C) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ et $M(H) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$.

C.1 Compléter le DOCUMENT RÉPONSE N°2.

C.2 On utilise, notamment pour la réalisation des sondes géothermiques, du « PolyÉthylène Haute Densité » (PEHD). Cette matière plastique est élaborée industriellement par un procédé comportant deux étapes :

C.2.1 On synthétise, dans un premier temps, de l'éthène par craquage de butane (le craquage est un procédé thermique de modification des chaînes hydrocarbonées).

Plusieurs réactions ont lieu simultanément :

- le butane est partiellement transformé en méthane et en propène ;
- le butane est partiellement transformé en éthène et en éthane ;
- le butane est partiellement transformé en dihydrogène et en butène.

Écrire les trois équations-bilans du craquage.

C.2.2 On réalise, ensuite, sous une pression de quelques dizaines de bars, la synthèse du polyéthylène (ou polyéthène) par polyaddition de l'éthène. Écrire l'équation-bilan de la réaction de polymérisation.

C.3 Calculer la masse molaire moléculaire du PEHD, sachant que son indice de polymérisation n vaut 17500.

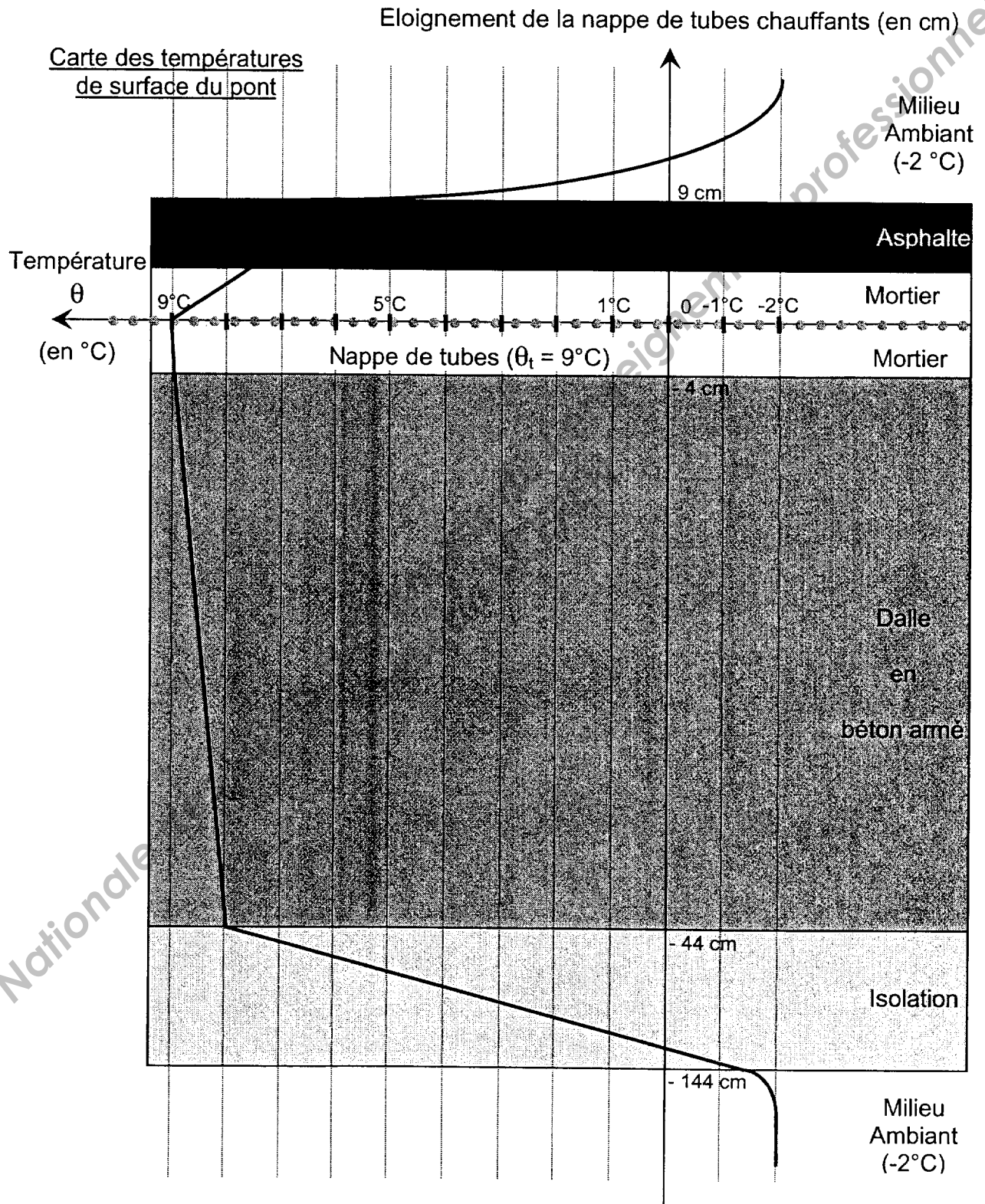
C.4 Sachant que la masse volumique ρ du PEHD vaut 940 kg.m^{-3} , calculer la masse de PEHD correspondant à un volume de 95 L.

C.5 Seulement 47,0 % des molécules de butane sont, après craquage, transformées en éthène et en éthane. Calculer la masse de butane nécessaire pour produire une masse d'éthène de 89,3 kg.

BTS TP Unité U32 : Sciences Physiques Appliquées	Durée : 2 h	Session 2011
CODE SUJET : TVE3SC	Coefficient : 2	Page 7 sur 9

DOCUMENT RÉPONSE N°1

À rendre avec votre copie



DOCUMENT RÉPONSE N°2
À rendre avec votre copie

Nom de l'hydrocarbure	Formule semi-développée	Formule brute	Masse molaire
		C_2H_6	
Butane		C_4H_{10}	58 g.mol^{-1}
Ethène		C_2H_4	28 g.mol^{-1}
	$CH_2=CH-CH_2-CH_3$		
	$CH_3-CH=CH-CH_3$		