

BACCALAURÉAT SÉRIE S

Épreuve de PHYSIQUE CHIMIE

Évaluation des Compétences Expérimentales

Sommaire

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS	2
II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AU PERSONNEL DE LABORATOIRE	3
III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT	6
1. Mesure de la vitesse d'un véhicule par effet Doppler (20 minutes conseillées)	8
2. Mesure plus classique de la vitesse du véhicule (20 minutes conseillées)	9
3. Comparaison des vitesses obtenues par les deux méthodes (20 minutes conseillées)	10

I. DESCRIPTIF DU SUJET DESTINÉ AUX ÉVALUATEURS

Tâches à réaliser par le candidat	<p>Dans ce sujet, le candidat doit :</p> <ul style="list-style-type: none"> lire une fréquence sur un multimètre ou un afficheur de GBF ; faire l'acquisition d'un signal avec un oscilloscope numérique ; mesurer la période de l'enveloppe de ce signal ; mesurer la durée mise par le véhicule pour parcourir une distance choisie ; déterminer une vitesse et son incertitude associée en utilisant un logiciel dédié ; comparer les résultats obtenus par deux méthodes.
Compétences évaluées Coefficients respectifs	<ul style="list-style-type: none"> Réaliser (RÉA) : coefficient 3 Analyser (ANA) : coefficient 1 Valider (VAL) : coefficient 2
Préparation du poste de travail	<p><u>Précautions de sécurité</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Brancher au secteur les appareils électriques et les mettre en marche avant l'arrivée du candidat. Prévoir un espace suffisant pour que le candidat puisse procéder aux mesures sans risquer de faire tomber son véhicule. <p><u>Avant le début des épreuves</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Procéder à l'adaptation du montage en fonction du matériel à disposition. <p><u>Avant l'arrivée du candidat</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Vérifier les réglages de l'oscilloscope et de l'émetteur (par exemple en procédant à une acquisition que l'on aura soin d'effacer). Lancer le logiciel de calcul d'incertitudes. <p><u>Entre les prestations de deux candidats</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Régler l'oscilloscope en mode CH1+CH2. Fermer puis relancer le logiciel de calcul d'incertitudes. <p><u>Prévoir aussi :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> un poste de secours.
Déroulement de l'épreuve. Gestion des différents appels.	<p><u>Minutage conseillé</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Mesure de la vitesse d'un véhicule par effet Doppler (20 minutes) Mesure plus classique de la vitesse du véhicule : <ul style="list-style-type: none"> redaction d'un protocole de mesure directe (10 minutes) mise en œuvre du protocole (10 minutes). Comparaison des vitesses obtenues par les deux méthodes (20 minutes). <p><u>Il est prévu 3 appels obligatoires et un appel facultatif de la part du candidat.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Lors de l'appel facultatif, l'évaluateur intervient si nécessaire pour assister le candidat dans la lecture de la fréquence et le calcul de son incertitude absolue. Lors de l'appel 1, l'évaluateur vérifie l'acquisition. Lors de l'appel 2, l'évaluateur valide le protocole. Lors de l'appel 3, l'évaluateur vérifie la pertinence des valeurs indiquées par le candidat, notamment son estimation des incertitudes. <p>Le reste du temps, l'évaluateur observe le candidat en continu.</p>
Remarques	Les fiches II et III sont à adapter en fonction du matériel utilisé par les candidats au cours de l'année.

II. LISTE DE MATÉRIEL DESTINÉE AUX ÉVALUATEURS ET AU PERSONNEL DE LABORATOIRE

La version modifiable de l'ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT jointe à la version .pdf vous permettra d'adapter le sujet à votre matériel. Cette adaptation ne devra entraîner EN AUCUN CAS de modifications dans le déroulement de l'évaluation

Paillasse candidats

- une calculatrice type « collègue » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur sur lequel est installé et ouvert un logiciel de calcul d'incertitudes (par exemple GUM_MC version élève) ainsi que les deux fichiers permettant les calculs demandés (à placer dans le répertoire « exemples » dans le cas de GUM)
- un petit véhicule électrique autonome roulant à faible vitesse constante (jouet pour enfant)
- un cinémomètre utilisant des ondes ultrasonores comprenant :
 - un émetteur E d'ondes continues ultrasonores alimenté (par exemple par un GBF préalablement réglé sur une fréquence d'environ 40 kHz et une amplitude de 10 V) et un récepteur R d'ultrasons
 - un dispositif maintenant l'émetteur et le récepteur côte à côte de telle sorte que l'onde US se réfléchisse sur le jouet
- un dispositif affichant directement la fréquence du signal de l'émetteur, par exemple un multimètre disposant d'une fonction fréquencemètre et déjà branché à l'émetteur, ou un GBF alimentant l'émetteur et disposant d'un affichage de la valeur de la fréquence
- un oscilloscope numérique réglé pour afficher directement le signal à étudier
 - l'oscilloscope doit disposer d'une fonction **addition** et doit être déjà relié à l'émetteur (voie 1) et au récepteur (voie 2)
 - l'oscilloscope est réglé pour afficher directement la somme des signaux de l'émetteur et du récepteur
- une paire de ciseaux
- une règle graduée d'un mètre
- un chronomètre
- deux repères bien visibles distants d'environ 50 cm, collés à même la paillasse pour repérer les lignes de départ et d'arrivée du véhicule lors de la mesure directe de la vitesse (par exemple du ruban adhésif de couleur)
- si besoin, un guide permettant de maintenir le jouet en mouvement rectiligne

Paillasse professeur

- des piles de rechange pour les véhicules électriques, voire des véhicules de secours

Documents mis à disposition des candidats

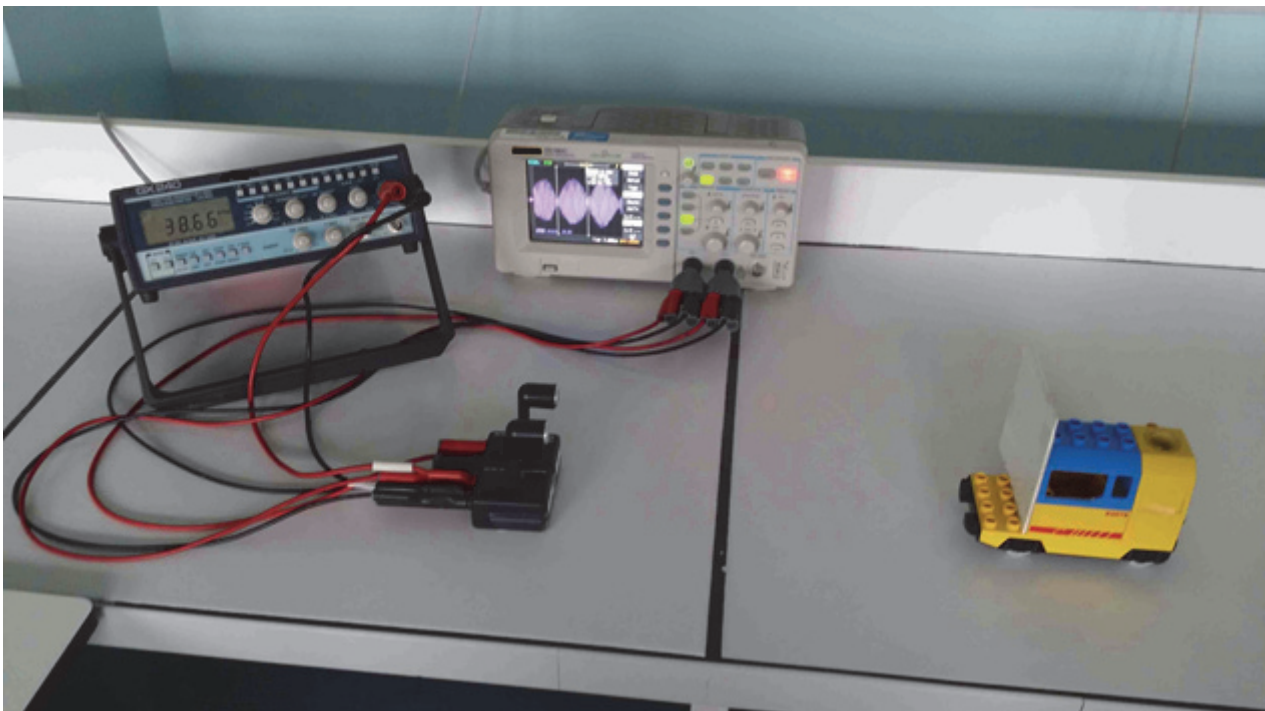
- une notice d'utilisation simplifiée de l'oscilloscope
- une notice d'utilisation simplifiée du logiciel de calcul d'incertitudes

Parties de l'énoncé devant être adaptées au matériel disponible et identifiées par un cadre

- L'indication de l'incertitude relative sur la mesure de fréquence peut être adaptée à l'appareil utilisé par le candidat. Elle sera indiquée sous la forme d'un pourcentage. Cette source d'incertitude est faible devant les autres sources et son estimation a peu d'importance dans le résultat.
Remarque : La mesure de la fréquence sur le GBF est généralement plus précise que les 1% indiqués par défaut sur l'énoncé page 8.
- L'acquisition se faisant à l'aide d'un oscilloscope en « mode mémoire », peu utilisé durant l'année, l'examineur devra indiquer au candidat sur quelle touche il doit appuyer.
- L'énoncé a été rédigé pour une utilisation du logiciel GUM. Si le candidat a travaillé pendant l'année avec un autre logiciel de calcul d'incertitudes, l'énoncé doit être adapté. Le candidat dispose, par ailleurs, de la notice utilisée pendant l'année.

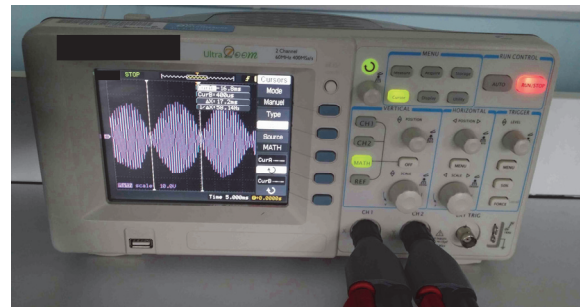
Mise en place du dispositif doppler

- Le petit véhicule à moteur électrique doit avoir une vitesse faible ($0,1$ à $0,3 \text{ m.s}^{-1}$) : des jouets destinés aux très jeunes enfants conviennent bien (petites voitures ou locomotives). Les véhicules à friction ne conviennent pas car leur mouvement n'est pas uniforme.
- L'onde US émise par l'émetteur doit pouvoir être réfléchi par le véhicule vers le récepteur. On peut par exemple fixer verticalement un petit écran en carton sur le véhicule (voir photographie ci-contre).
- La tension électrique provenant de l'émetteur doit être sinusoïdale ; en effet, certains modèles d'émetteur ont un oscillateur intégré dont le signal électrique est une tension en créneaux. Dans ce cas on utilisera un deuxième récepteur comme émetteur que l'on alimentera, au moyen d'un GBF, avec une tension comprise entre 5 et 10 V (voir photographie ci-contre).
- L'émetteur et le récepteur sont assemblés pour former le cinémomètre comme le montre la photographie ci-contre.
- Il convient de relier le GBF à l'émetteur et de connecter l'émetteur à la voie 1 de l'oscilloscope et le récepteur à la voie 2.
- La photographie ci-dessous montre le matériel utilisé pour les tests et l'agencement du dispositif.



- Les deux tensions, de l'émetteur et du récepteur, doivent avoir le même ordre de grandeur pour que la somme des tensions fasse apparaître le phénomène de battement. Il convient parfois d'amplifier la tension du récepteur d'un facteur 10 , 50 ou 100 par exemple. Dans le cas présenté ici, il a été utilisé une fonction de l'oscilloscope qui permet de multiplier d'un facteur 1 , 100 ou 1000 la tension mesurée. Si l'oscilloscope ne dispose pas de cette fonction, il faut alors éventuellement utiliser un amplificateur externe.

- Exemple de réglages du matériel pour un véhicule de vitesse $0,26 \text{ m.s}^{-1}$, l'acquisition ayant lieu à une trentaine de centimètres du bloc E/R :



Base de temps : 5 ms/div

- La vidéo fournie en annexe intitulée « *préparation du dispositif* » (à visionner de préférence avec le lecteur multimédia VLC, car avec certains autres lecteurs, la vidéo peut apparaître à l'envers) montre les différentes étapes permettant la mise en œuvre du dispositif de mesure de vitesse par effet Doppler. Cette mise en œuvre est à adapter en fonction du matériel à disposition.
- Deux autres vidéos sont disponibles en annexe pour montrer la réalisation de la manipulation et l'exploitation (« *expérience* » et « *exploitation* »). Ces vidéos sont à visionner de préférence avec le lecteur multimédia VLC, car avec certains autres lecteurs, elles peuvent apparaître à l'envers.
- La méthode utilisée ici repose sur l'égalité $\cos(a) + \cos(b) = 2 \cos\left(\frac{a+b}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{a-b}{2}\right)$. La somme du signal émis et du signal réfléchi s'exprime donc comme le produit d'une sinusoïde de fréquence égale à celle des ultrasons (environ 40 kHz) et d'une sinusoïde de fréquence égale au décalage Doppler.



- Plusieurs manipulations ont été réalisées avec différents véhicules. Les valeurs des vitesses mesurées étaient comprises entre $0,11$ et $0,27 \text{ m.s}^{-1}$.

III. ÉNONCÉ DESTINÉ AU CANDIDAT

NOM :	Prénom :
Centre d'examen :	N° d'inscription :

Ce sujet comporte **six** feuilles individuelles sur lesquelles le candidat doit consigner ses réponses.
Le candidat doit restituer ce document avant de sortir de la salle d'examen.

Le candidat doit agir en autonomie et faire preuve d'initiative tout au long de l'épreuve.
En cas de difficulté, le candidat peut solliciter l'examineur afin de lui permettre de continuer la tâche.
L'examineur peut intervenir à tout moment, s'il le juge utile.

L'utilisation d'une calculatrice ou d'un ordinateur autres que ceux fournis n'est pas autorisée.

CONTEXTE DU SUJET

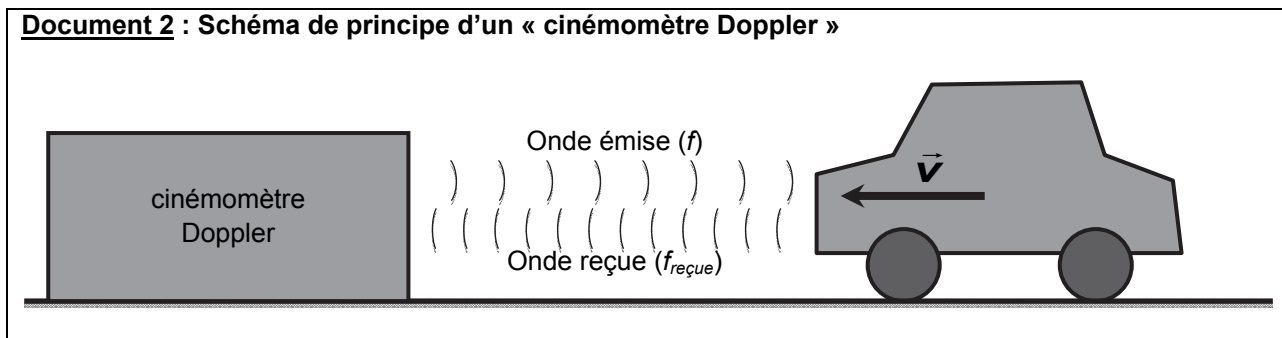
Certains radars de contrôle de vitesse installés sur le bord des routes sont des cinémomètres (appareil mesurant la vitesse d'un véhicule) utilisant l'effet Doppler-Fizeau de l'écho radar pour calculer la vitesse de ce véhicule. Le principe de fonctionnement est le suivant : ces radars émettent en continu une onde électromagnétique de fréquence 24 GHz et mesurent la différence de fréquence entre l'onde émise et l'onde réfléchi par le véhicule en mouvement, puis calculent la vitesse instantanée du véhicule. L'onde réfléchi a une fréquence supérieure à celle de l'onde incidente lorsque le véhicule s'approche du radar et une fréquence inférieure si le véhicule s'en éloigne.

Le but de cette épreuve est de simuler le fonctionnement d'un radar routier en utilisant une onde mécanique puis de comparer le résultat à celui d'une mesure plus classique de la vitesse.

DOCUMENTS MIS À DISPOSITION DU CANDIDAT**Document 1 : Effet Doppler**

L'effet Doppler ou effet Doppler-Fizeau est le décalage de fréquence d'une onde (mécanique, acoustique, électromagnétique, etc.) entre la mesure à l'émission et la mesure à la réception lorsque la distance entre l'émetteur et le récepteur varie au cours du temps. Si on désigne de façon générale ce phénomène physique sous le nom d'effet Doppler, on réserve le terme d'« effet Doppler-Fizeau » aux ondes électromagnétiques.

d'après Wikipédia.

Document 2 : Schéma de principe d'un « cinémomètre Doppler »**Document 3 : Formule du décalage en fréquence dans le cas de l'expérience**

Si f est la fréquence de l'onde ultrasonore émise, v la vitesse du véhicule et v_{son} la vitesse de propagation du son dans les conditions de l'expérience, alors le décalage en fréquence Δf est :

$$\Delta f = |f_{reçue} - f| = \frac{2 \cdot f \cdot v}{v_{son}}$$

Données : vitesse de propagation du son dans l'air en fonction de la température

La vitesse de propagation du son dans l'air (à pression atmosphérique) dépend de la température :

température (°C)	10	20	30	40
vitesse v_{son} (m.s ⁻¹)	337	343	349	355

Matériel à disposition du candidat

- une calculette type « collège » ou un ordinateur avec fonction « calculatrice »
- un ordinateur équipé d'un logiciel de calcul d'incertitudes
- un petit véhicule électrique
- un cinémomètre (composé d'un émetteur et d'un récepteur) utilisant des ondes ultrasonores
- un dispositif affichant directement la fréquence du signal de l'émetteur
- un oscilloscope numérique réglé pour afficher directement le signal à étudier
- une paire de ciseaux
- une règle graduée d'un mètre
- un chronomètre
- deux repères distants d'environ 50 cm collés sur la paillasse



TRAVAIL À EFFECTUER**1. Mesure de la vitesse d'un véhicule par effet Doppler (20 minutes conseillées)**

Le montage est déjà installé sur la paillasse et les appareils sont réglés : l'émetteur envoie une onde ultrasonore (donc mécanique) vers le véhicule. Cette onde est réfléchiée vers le récepteur (situé à côté de l'émetteur). L'ensemble {émetteur + récepteur} constitue le cinémomètre.
Lire la fréquence de l'onde émise.

$$f = \dots\dots\dots$$

L'incertitude relative $\frac{U(f)}{f}$ sur la mesure de cette fréquence est de $\boxed{1\%}$ (indication fournie par le constructeur du multimètre). Calculer l'incertitude absolue $U(f)$ sur la mesure de la fréquence (produit de l'incertitude relative et de la valeur de la fréquence).

$$U(f) = \dots\dots\dots$$

APPEL FACULTATIF		
	<p>Appeler le professeur en cas de difficulté pour mesurer f ou calculer $U(f)$</p>	

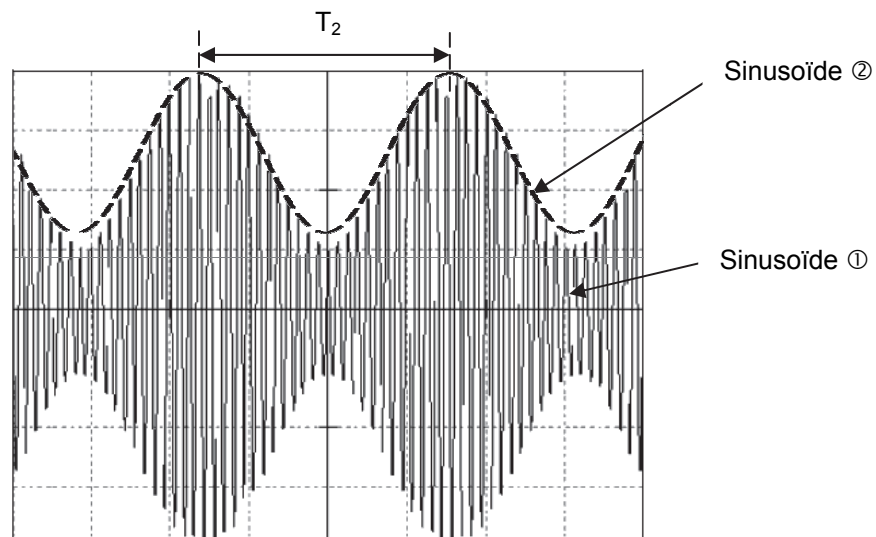
L'oscilloscope affiche, en temps réel, un signal complexe. Il est composé d'une sinusoïde ① de fréquence égale à celle des ultrasons émis et d'une sinusoïde ② qui module l'amplitude de la courbe ①. Sa période T_2 correspond à l'inverse du décalage en fréquence, soit :



$$T_2 = \frac{1}{\Delta f}$$

Pour procéder à l'acquisition, il suffit d'appuyer sur la touche « Run/Stop » de l'oscilloscope.

Mettre le véhicule en mouvement en direction du cinémomètre et effectuer une acquisition (lorsque le véhicule est à environ 30 cm du cinémomètre ; attention : arrêter le véhicule avant le choc sur les appareils !). Il faut observer un signal de même allure que celui représenté ci-dessous.

Si l'acquisition n'est pas satisfaisante, on peut recommencer : appuyer sur la touche « Run/Stop » permet d'effacer l'acquisition existante et appuyer une seconde fois permet d'obtenir une nouvelle acquisition.



APPEL n°1		
	Appeler le professeur pour lui présenter l'acquisition ou en cas de difficulté	

Mesurer la période T_2 en utilisant la fonction « curseurs » de l'oscilloscope et en estimer une incertitude $U(T_2)$ raisonnable. Le calcul de la vitesse correspondante n'est pas à faire dans cette partie : il sera effectué dans la dernière partie avec un logiciel.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Mesure plus classique de la vitesse du véhicule (20 minutes conseillées)

Proposer un autre protocole permettant de déterminer la vitesse (supposée constante) du véhicule.

.....

.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°2		
	Appeler le professeur pour lui présenter le protocole ou en cas de difficulté	

Mettre en œuvre le protocole et procéder aux mesures permettant de déterminer la vitesse du véhicule, en estimant les incertitudes de chacune de ces mesures. Le calcul de la vitesse correspondante n'est pas à faire dans cette partie : il sera effectué dans la dernière partie avec un logiciel.

.....

.....

.....

.....

.....

.....



.....

.....

3. Comparaison des vitesses obtenues par les deux méthodes (20 minutes conseillées)

Les calculs relatifs aux mesures précédentes sont faits à l'aide du logiciel de calcul d'incertitudes. Ouvrir le fichier **Doppler** depuis le répertoire **« exemples »**. Entrer les valeurs (mesurandes et incertitudes) déterminées au cours de la première expérience. Noter le résultat pour un taux de confiance de 95 % :

$$V_{Doppler} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ m.s}^{-1}.$$

APPEL n°3		
	Appeler le professeur pour lui présenter les résultats ou en cas de difficulté	

Ouvrir le fichier **Chrono** depuis le répertoire **« exemples »**. Entrer les valeurs (mesurandes et incertitudes) déterminées au cours de la seconde expérience. Noter le résultat pour un taux de confiance de 95 % :

$$V_{Chrono} = (\dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots) \text{ m.s}^{-1}.$$

Les deux méthodes donnent-elles des résultats concordants ? Justifier.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ranger la pailasse avant de quitter la salle, sans défaire le montage.