Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

Sciences physiques

Session 2006 • Code sujet : **17EM06** • Durée : **Non indiquée dans les pages fournies**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Thermodynamique : étude de la climatisation de la salle** (5 questions) — **Page 3**
2. **Acoustique : étude de la réverbération et de la sonorisation** (9 questions) — **Page 5**
3. **Optique : étude de l'éclairement des tables** (5 questions) — **Page 9**
4. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 11**

Sujet officiel (PDF) : https://btsera.fr/assets/annales/bts-era/E3.2 - Physique-Chimie/2006/BTS ERA - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2006 - 1-Sujet.pdf

1. Thermodynamique : étude de la climatisation de la salle

L'étude concerne une salle de restaurant de 15 m × 10 m × 3 m, dont deux faces extérieures comportent des baies vitrées et une porte vitrée. Il faut évaluer les apports thermiques par les parois et la ventilation, puis déterminer la puissance de climatisation nécessaire pour maintenir 22 °C lorsque l'air extérieur est à 35 °C.

Question 1. Rappeler en quoi consistent les transferts thermiques par conduction, d'une part, et par convection, d'autre part.

La **conduction** est un transfert thermique de proche en proche, sans déplacement global de matière. Elle se produit notamment à travers une paroi solide lorsque ses deux faces sont à des températures différentes. La **convection** est un transfert thermique associé au déplacement d'un fluide, comme l'air : le fluide transporte l'énergie thermique en se déplaçant. Dans une pièce, ces deux modes peuvent intervenir simultanément.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Conduction : transfert thermique sans déplacement global de matière. Convection : transfert thermique par déplacement d'un fluide.

Question 2. Calculer le flux thermique entrant dans la salle par conduction, en considérant uniquement les faces extérieures et en négligeant les autres parois, le plafond, le sol et les faces intérieures. Justifier les calculs dans le tableau de l'annexe 1, en indiquant les relations utilisées et les unités des grandeurs.

Pour chaque paroi, le flux entrant vaut $\Phi = US\Delta T$, avec $\Delta T = 35 - 22 = 13\,\mathrm{K}$. La surface des baies correspond aux trois ouvertures de $5 \times 1{,}8\,\mathrm{m}^2$. Les surfaces extérieures totales valent $15 \times 3 + 10 \times 3\,\mathrm{m}^2$; on en retire les vitrages et la porte pour obtenir la surface opaque.

Paroi	S (m²)	U (W·m⁻²·K⁻¹)	ΔT (K)	Φ = USΔT (W)
Porte	1,8	5,0	13	117
Baies vitrées	27	2,6	13	912,6
Murs opaques	46,2	0,40	13	240,24
Total				1269,84

Le flux thermique total entrant par conduction est donc d'environ 1,27 kW.

Annexe 1 complétée

Paroi	S (en .....)	U (en .....)	..... (en .....)	Φ = ... (en .....)
Porte	1,8	5,0	13	117 W
Baies vitrées	27	2,6	13	912,6 W
Murs	46,2	0,40	13	240,24 W
			Total : Φ_1 = ...	Φ_1 = 1269,84 W

✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Phi_1 = 1269{,}84\,\text{W} \approx 1{,}27\,\text{kW}$, vers l'intérieur.

Question 3. **Calculer l'énergie thermique gagnée en une heure à cause de la ventilation forcée, l'air rejeté étant remplacé par de l'air chaud venant de la rue. En déduire le flux thermique entrant dû à l'aération en utilisant les données fournies sur l'air.**

La ventilation renouvelle une fois par heure le volume de la salle : $V = 15 \times 10 \times 3 = 450\,\text{m}^3$. La masse d'air remplacée en une heure est $m = \rho V = 1{,}30 \times 450 = 585\,\text{kg}$. Avec l'écart de température $\Delta T = 13\,\text{K}$, l'énergie gagnée vaut $Q_2 = mc_{\text{air}}\Delta T = 585 \times 1000 \times 13 = 7{,}605 \times 10^6\,\text{J}$. Le flux moyen correspondant est cette énergie divisée par $3600\,\text{s}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Q_2 = 7{,}605\,\text{MJ}$ par heure ; $\Phi_2 = 2{,}11\,\text{kW}$.

Question 4. **Déduire les flux thermiques précédents pour déterminer la puissance thermique que la climatisation doit absorber afin de maintenir la température intérieure à 22 °C.**

À température intérieure constante, la climatisation doit absorber la totalité des apports thermiques entrants. On additionne donc les flux dus à la conduction et à la ventilation :

- $P = \Phi_1 + \Phi_2 = 1269{,}84 + 2112{,}5 = 3382{,}34\,\text{W}$.

La puissance thermique nécessaire est ainsi d'environ 3,38 kW.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Puissance thermique à absorber : $P \approx 3{,}38\,\text{kW}$.

Question 5. **Indiquer s'il faut placer la source froide en bas ou en haut du local pour assurer le meilleur refroidissement, puis justifier la réponse.**

Il faut placer la source froide **en haut du local**. L'air refroidi est plus dense que l'air chaud : il tend donc à descendre. En se réchauffant, l'air remonte et peut être refroidi à nouveau au niveau de la source.

Cette circulation naturelle par convection favorise le brassage de l'air et refroidit plus efficacement l'ensemble de la salle qu'un refroidissement uniquement localisé au bas du volume.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Placer la source froide en haut : l'air refroidi, plus dense, descend et favorise le brassage.

2. Acoustique : étude de la réverbération et de la sonorisation

La première étude porte sur la réverbération d'une salle de restaurant meublée, à partir des surfaces, des matériaux et de leurs coefficients d'absorption à 1 kHz. La seconde étudie le son reçu au centre de la salle depuis quatre haut-parleurs, puis demande de le comparer au niveau sonore d'une conversation.

Étude de la réverbération

Question 1.1. Expliquer ce que désigne le phénomène de réverbération d'un local et indiquer à quoi il est dû.

La réverbération est la persistance du son dans un local après l'arrêt de la source. Elle résulte des réflexions successives sur les parois. À chaque réflexion, une partie de l'énergie sonore est absorbée par les matériaux : le son décroît progressivement jusqu'à devenir inaudible.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> Persistance du son après l'arrêt de la source, due aux réflexions successives sur les parois.

Question 1.2. Donner la définition du temps de réverbération TR d'un local.

Le temps de réverbération T_R est la durée nécessaire, après l'arrêt de la source, pour que le niveau sonore décroisse de 60 dB. Il caractérise la durée pendant laquelle le son persiste dans le local.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> T_R : durée de décroissance du niveau sonore de 60 dB après l'arrêt de la source.

Question 1.3.1. Calculer l'aire d'absorption équivalente A0 de la salle de restaurant meublée à 1 kHz à partir des surfaces et des coefficients d'absorption. Présenter le calcul dans le tableau de l'annexe 2.

Pour chaque paroi, l'aire d'absorption vaut **A = Sα**. Les murs comprennent les quatre faces verticales, auxquelles on retire les surfaces des ouvertures : 150 − 28,8 = 121,2 m². Les trois baies représentent 27 m². Le mobilier apporte directement 5 m² d'absorption équivalente.

Paroi	S (m²)	α	A (m²)
Porte	1,8	0,12	0,216
Baies vitrées	27	0,12	3,24
Murs	121,2	0,30	36,36
Sol	150	0,04	6,00
Plafond	150	0,03	4,50
Mobilier	-	-	5,00
Total A_0			**55,316 m²**

La somme des contributions donne l'aire d'absorption équivalente totale de la salle meublée.

Annexe 2 complétée

Paroi	S (en .....)	α	A= ..... (en .....)
Porte	1,8	0,12	0,216
Baies vitrées	27	0,12	3,24
Murs	121,2	0,30	36,36
Sol	150	0,04	6,00
Plafond	150	0,03	4,50
Mobilier			5,00
		Total : A_0 = ...	55,316 m²

✓ RÉPONSE À RETENIR

A_0 = 55,316 m²

Question 1.3.2. Appliquer la formule de Sabine fournie pour déterminer le temps de réverbération T0 à 1 kHz de la salle meublée.

Le volume de la salle est **V = 15 × 10 × 3 = 450 m³**. Avec la formule de Sabine fournie, **$T_R = 0,16V/A_0$**. En utilisant A_0 = 55,316 m², on obtient T_0 = 0,16 × 450/55,316, soit environ 1,30 s.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$T_0 \approx 1,30$ s

Question 1.4. **Pour obtenir un temps de réverbération proche de 0,7 s en posant des dalles acoustiques décoratives au plafond, calculer la valeur minimale du coefficient d'absorption acoustique de ces dalles.**

Pour viser T_R = 0,7 s, l'aire d'absorption nécessaire est A = 0,16V/T_R = 0,16 × 450/0,7. Hors plafond, l'absorption vaut 55,316 − 4,50 = 50,816 m². Les dalles de plafond doivent fournir le complément sur 150 m² : α′ = (A − 50,816)/150.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Coefficient minimal des dalles : α′ ≈ 0,347.

Sonorisation

Question 2.1. **Faire un schéma de situation puis calculer la distance entre un haut-parleur placé à un angle de la salle et l'oreille d'un client assis au centre, en tenant compte des hauteurs indiquées.**

La distance horizontale entre un angle et le centre de la salle est la moitié de la diagonale au sol : √(7,5² + 5²) = 9,01 m. La différence de hauteur entre le haut-parleur et l'oreille vaut 2,50 − 1,20 = 1,30 m. Le théorème de Pythagore donne alors d = √(9,01² + 1,30²) ≈ 9,11 m.

Distance du haut-parleur à l'oreille au centre

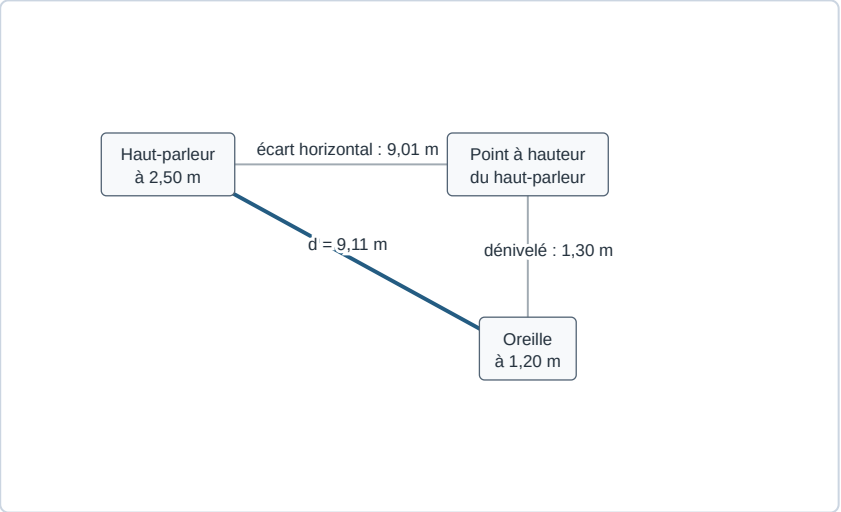


Schéma de situation, non à l'échelle. Le point X sert à représenter le dénivelé entre le haut-parleur et l'oreille.

✓ RÉPONSE À RETENIR

d ≈ 9,11 m

Question 2.2. **En utilisant la puissance acoustique de chaque haut-parleur et l'hypothèse d'une émission uniforme dans le demi-espace avant, calculer l'intensité sonore directe reçue d'un seul haut-parleur. Utiliser la relation fournie pour la surface d'une sphère.**

Dans le demi-espace avant, le son se répartit sur une demi-sphère : $S = 2\pi d^2$. Avec $P = 5{,}0 \times 10^{-7}$ W et $d \approx 9{,}11$ m, l'intensité sonore directe reçue d'un haut-parleur vaut $I = P/S = 5{,}0 \times 10^{-7}/(2\pi \times 9{,}11^2)$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$I \approx 9{,}6 \times 10^{-10}$ W·m^{-2}

Question 2.3. **À partir de l'intensité mesurée avec un seul haut-parleur en fonctionnement, calculer l'intensité sonore reçue lorsque les quatre haut-parleurs fonctionnent, puis le niveau d'intensité sonore correspondant en utilisant l'intensité de référence fournie.**

Les intensités de quatre haut-parleurs identiques s'additionnent. La mesure d'un seul donne $I_1 = 9{,}8 \times 10^{-10}$ W·m^{-2}, donc $I = 4I_1 = 3{,}92 \times 10^{-9}$ W·m^{-2}. Le niveau est $L_I = 10 \log_{10}(I/I_0)$, avec $I_0 = 1{,}00 \times 10^{-12}$ W·m^{-2}.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$I = 3{,}92 \times 10^{-9}$ W·m^{-2} ; $L_I \approx 35{,}9$ dB.

Question 2.4. **Déterminer si le son reçu des haut-parleurs risque de gêner une conversation entre deux personnes assises au centre de la salle. Justifier en comparant le niveau sonore obtenu au niveau indicatif d'une conversation.**

Le niveau calculé pour les quatre haut-parleurs est d'environ 35,9 dB, contre environ 50 dB pour une conversation. Le son des haut-parleurs est donc inférieur au niveau de conversation et ne devrait pas la gêner au centre de la salle, dans les conditions indiquées.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Non : 35,9 dB pour les haut-parleurs, contre environ 50 dB pour une conversation.

3. Optique : étude de l'éclairement des tables

Chaque table carrée de 90 cm de côté est éclairée par une lampe halogène de 20 W munie d'un réflecteur, dont le flux est contenu dans un cône de 60°, à 1,40 m au-dessus de la table. Les questions portent sur la couverture de la table, le flux et l'intensité lumineuse, les éclairements en deux points ainsi que la température de couleur et le rendu des couleurs.

Question 1. Déterminer si la lampe éclaire complètement la table en calculant le diamètre de la tache lumineuse à 1,40 m et en le comparant à la diagonale de la table.

Le demi-angle du cône vaut $60^\circ/2 = 30^\circ$. À 1,40 m, le diamètre de la tache est $2 \times 1,40 \times \tan(30^\circ) = 1,62\,\text{m}$. La diagonale de la table vaut $\sqrt{0,90^2 + 0,90^2} = 1,27\,\text{m}$. Le diamètre étant supérieur à cette diagonale, la tache lumineuse couvre toute la table.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Diamètre : 1,62 m ; diagonale : 1,27 m. La table est entièrement éclairée.

Question 2. Calculer le flux lumineux émis par chaque lampe à partir de sa puissance et de l'efficacité lumineuse indiquées.

Le flux lumineux s'obtient en multipliant l'efficacité lumineuse par la puissance électrique : $F = kP$. Pour $k = 18\,\text{lm}\backslash\text{cdotp}\text{W}^{-1}$ et $P = 20\,\text{W}$, $F = 18 \times 20 = 360\,\text{lm}$.

Cette valeur correspond au flux total émis par une lampe.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Flux lumineux par lampe : **360 lm**.

Question 3. Calculer l'intensité lumineuse dans le cône d'émission de chaque lampe en utilisant le flux lumineux et la relation fournie pour l'angle solide.

L'angle solide du cône est $\Omega = 2\pi(1 - \cos 30^\circ) = 0,842\,\text{sr}$. Le flux étant entièrement contenu dans ce cône, l'intensité lumineuse moyenne vaut $I = F/\Omega = 360/0,842$.

$$I \approx 4,28 \times 10^2\,\text{cd}$$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Intensité lumineuse : **4,28 × 10² cd**.

Question 4. Calculer l'éclairement au centre O de la table et dans l'un de ses angles à l'aide de la relation fournie. Comparer les valeurs et conclure sur l'uniformité de l'éclairement.

Au centre, l'incidence est normale : $E_0 = I/1,40^2 \approx 218\,\text{lx}$. Pour un angle, le décalage horizontal depuis le centre est la moitié de la diagonale, soit 0,636 m. La distance lampe-angle vaut $x = \sqrt{1,40^2 + 0,636^2} \approx 1,538\,\text{m}$.

Avec $\cos\theta = 1,40/x$, $E_1 = I\cos\theta/x^2 \approx 165\,\text{lx}$. L'écart entre les deux valeurs montre que l'éclairement n'est pas uniforme.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Centre : **218 lx** ; angle : **165 lx**. Éclairement non uniforme.

Question 5. Indiquer si la lumière de la lampe est chaude ou froide, justifier et donner une valeur approximative de sa température de couleur. Caractériser l'indice de rendu des couleurs de ce type de lampe et en déduire si les couleurs des objets sont correctement restituées.

Une lampe halogène émet une lumière chaude, à dominante jaune-rouge, de température de couleur voisine de 3 000 K. Son spectre continu lui confère un indice de rendu des couleurs élevé, proche de 100.

- Les couleurs des objets sont donc restituées fidèlement.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Lumière chaude, environ **3 000 K** ; IRC proche de 100, rendu fidèle des couleurs.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2006)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de Sciences physiques du BTS A.E.A., session 2006, code sujet 17EM06, sans durée ni coefficient indiqués dans les pages fournies. Notée sur 20 points, elle étudie une salle de restaurant : climatisation, réverbération, sonorisation et éclairage des tables. Elle évalue l'application de relations physiques, les calculs avec unités et la justification de conclusions techniques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le flux thermique transmis par une paroi se calcule avec $\Phi = U \times S \times \Delta T$.
- L'énergie thermique reçue par l'air renouvelé s'évalue avec $Q = m \times c \times \Delta T$, puis le flux avec $\Phi = Q/\Delta t$.
- La formule de Sabine relie temps de réverbération, volume et aire d'absorption : $TR = 0{,}16 \times V/A$.
- L'éclairement s'évalue par $E = I \cos \theta / x^2$, avec la distance et l'angle d'incidence propres au point étudié.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer les surfaces des murs, des baies vitrées et de la porte, puis appliquer à chacune son coefficient de transmission.
- Pour la ventilation, convertir le volume d'air renouvelé en masse et utiliser une durée cohérente pour calculer le flux.
- Additionner les intensités sonores des haut-parleurs avant de convertir l'intensité totale en niveau sonore.
- Pour l'éclairement dans un angle de la table, tenir compte de la distance oblique et de l'angle d'incidence.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer l'aire d'absorption équivalente de la salle ?

Multipliez l'aire de chaque surface par son coefficient d'absorption, puis additionnez les contributions des murs, du sol, du plafond et des vitrages. Ajoutez ensuite l'aire d'absorption équivalente du mobilier, donnée dans le sujet.

Q : Comment tenir compte des quatre haut-parleurs dans le calcul du niveau sonore ?

Les intensités reçues de sources identiques s'additionnent. Multipliez donc par quatre l'intensité mesurée avec un seul haut-parleur, puis calculez le niveau sonore à partir de l'intensité totale et de l'intensité de référence.

Q : Quelle durée et quel coefficient faut-il prévoir pour cette épreuve ?

Les pages fournies précisent les points des trois parties, soit 6, 7,5 et 6,5 points, mais ne donnent ni durée ni coefficient. Consultez la page de garde ou les consignes officielles de la session pour compléter ces informations.

Q : Quelles règles de présentation des calculs le sujet demande-t-il ?

Le sujet demande de justifier les calculs, d'indiquer les relations utilisées et les unités, et de renseigner les annexes 1 et 2. Il fournit plusieurs relations utiles, mais les pages fournies ne mentionnent pas de norme supplémentaire.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsera.fr/assets/annales/bts-era/E3.2 - Physique-Chimie/2006/BTS ERA - E3.2 - Physique-Chimie - Session 2006 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Étude et Réalisation d\ : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.