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

BTS Moteur à combustion interne, épreuve U51

Session 2000 • Code sujet : **MOESEEM** • Durée : **3 heures** • Coefficient : **3**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Analyse de la carburation et justification des signaux** (6 questions) — **Page 3**
2. **Analyse des courbes relevées** (8 questions) — **Page 5**
3. **Hypothèses sur les origines du calage** (6 questions) — **Page 8**
4. **Méthodologie de l'essai** (2 questions) — **Page 10**
5. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 12**

Sujet officiel (PDF) : https://btsmte.fr/assets/annales/bts-mte/E5 - Mise au point d'une motorisation/2000/BTS MTE - E5 - Mise au point d'une motorisation - Session 2000 - 1-Sujet.pdf

1. Analyse de la carburation et justification des signaux

Cette partie étudie le remplissage d'un moteur à essence à injection monopoint et la détermination du temps d'injection au ralenti. Elle s'appuie sur la cartographie moteur, les données de fonctionnement normal et les paramètres enregistrés.

Question 1.1. Donner la définition du remplissage dans les conditions standards.

Le remplissage standard **r** est le rapport entre la masse d'air réellement admise dans le moteur et la masse d'air qui remplirait sa cylindrée balayée aux conditions standards de pression et de température. Il caractérise ainsi le remplissage des cylindres, indépendamment de leur volume géométrique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> r = masse d'air réellement admise / masse d'air correspondant à la cylindrée aux conditions standards.

À partir de la cartographie moteur et des données moteur au ralenti du document 2, figure 3

Question 1.2.1. Évaluer l'ouverture du papillon au ralenti.

Les données de ralenti indiquent un régime de 850 tr/min et un remplissage de 0,33. Sur la cartographie, on repère ces deux valeurs puis on lit la courbe correspondante de position angulaire du papillon. La lecture graphique donne environ 3°. Cette valeur est une estimation, à lire avec la précision limitée du graphique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ouverture du papillon au ralenti : environ 3° d'après la cartographie.

Question 1.2.2. Donner la forme littérale du temps d'injection Tinj en fonction des paramètres et caractéristiques concernés.

Pour un cycle moteur complet de 720°, la masse d'air admise vaut la cylindrée totale multipliée par le remplissage et par la masse volumique de l'air standard. La masse de carburant requise est cette masse divisée par le pouvoir comburivore et la richesse. Le débit volumique de l'injecteur donne alors :

$$T_{inj} = V_{cyl} \times r \times \rho_{air} / (P_{co} \times richesse \times \rho_{ess} \times a).$$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le temps d'injection est le volume de carburant requis par cycle divisé par le débit volumique de l'injecteur.

Question 1.2.3. Calculer le temps d'injection Tinj et exprimer le résultat en millisecondes.

Aux conditions standards, la masse volumique de l'air est ρ_{air} = 101300 / (287 × 293) = 1,204 kg/m³, soit 0,001204 kg/dm³. La masse d'air par cycle est donc 1,5 × 0,33 × 0,001204 kg. On la convertit en masse puis en volume de carburant avec P_{co} = 14,4 et ρ_{ess} = 0,73 kg/dm³, puis on divise par le débit injecteur de 2200 mm³/s.

✓ RÉPONSE À RETENIR

T_{inj} ≈ 25,8 ms au ralenti.

Question 1.3. Déduire le paramètre principal de fonctionnement moteur qui intervient pour déterminer le temps d'injection.

Le paramètre principal est la **masse d'air admise par cycle**. Le calculateur doit connaître cette masse pour déterminer la quantité de carburant nécessaire à la richesse demandée. Elle dépend notamment de la cylindrée, du remplissage et de la masse volumique de l'air admis.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Paramètre principal : masse d'air admise par cycle moteur.

Question 1.4. Pour le paramètre défini à la question précédente, choisir parmi les paramètres relevés dans le document 3 ceux qui le définissent, puis justifier le choix.

La cartographie relie le remplissage au régime moteur et à l'angle du papillon. Ces deux mesures permettent donc d'estimer la masse d'air admise par cycle :

- **Régime moteur** : situe le point de fonctionnement sur la cartographie.
- **Angle du papillon** : détermine la courbe de remplissage à considérer.

La sonde lambda et sa correction agissent sur le dosage ; le contact ralenti et la coupure d'injection indiquent des états de fonctionnement.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Les paramètres déterminants enregistrés sont le régime moteur et l'angle du papillon.

2. Analyse des courbes relevées

Les relevés sont réalisés sur un véhicule au banc freiné à rouleaux, dans des conditions de roulage proches de celles du client et moteur chaud. Ils retracent notamment les signaux de la sonde lambda, la correction du temps d'injection, l'ouverture du papillon, le régime moteur et les contacts de ralenti et de coupure d'injection.

Analyse des signaux de la première partie, document 5

Question 2.1.1. À partir des signaux, identifier les trois conditions de fonctionnement moteur qui permettent de dire que le moteur est au ralenti.

Le ralenti est confirmé par trois indices concordants : le contact de ralenti est fermé, le papillon est presque fermé et le régime est faible et stable. Le signal de coupure d'injection doit rester inactif : s'il est actif, le moteur est en décélération avec injection coupée, et non en ralenti établi.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Contact de ralenti fermé, papillon presque fermé et régime faible et stabilisé : le moteur est au ralenti.

Question 2.1.2. À partir du document 5, donner l'instant du début du ralenti. En déduire l'angle d'ouverture du papillon et le régime moteur, puis comparer ces valeurs aux valeurs constructeur.

Sur le document 5, le contact de ralenti s'établit vers 25 s, au moment où le régime chute puis se stabilise. La lecture des signaux donne un papillon ouvert d'environ 2° et un régime proche de 850 tr/min. La référence constructeur indique 850 tr/min et la cartographie situe l'ouverture au voisinage de 1° ; l'écart d'environ 1° reste compatible avec la précision de lecture de la courbe.

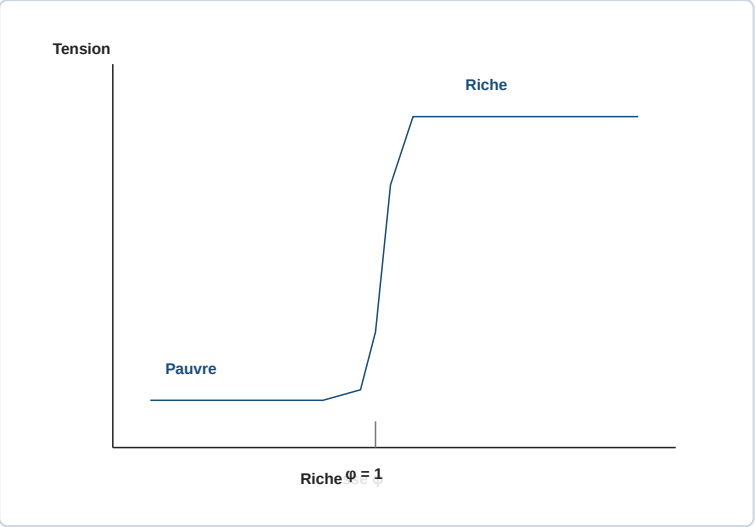
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Début du ralenti : environ 25 s ; papillon : environ 2° ; régime : environ 850 tr/min, proche de la référence constructeur.

Analyse des signaux pour des temps supérieurs à 80 secondes, document 7

Question 2.2.1. Tracer, pour une sonde lambda classique, l'évolution de la tension en fonction de la richesse.

Pour une sonde lambda classique à bande étroite, la tension est basse lorsque le mélange est pauvre, puis augmente brutalement au voisinage de la richesse stœchiométrique. Elle reste élevée pour un mélange riche. Le tracé ci-dessous représente cette commutation : cette sonde indique principalement de quel côté de la stœchiométrie se trouve le mélange, plutôt que sa richesse exacte.

Tension d’une sonde lambda classique en fonction de la richesse



✓ RÉPONSE À RETENIR

Tension faible en mélange pauvre, commutation rapide près de la richesse stœchiométrique, puis tension élevée en mélange riche.

Question 2.2.2. Sur un cycle d’oscillation de la sonde, décrire la stratégie de correction du calculateur.

La sonde fournit au calculateur une indication pauvre ou riche. Lorsque sa tension est basse, le calculateur augmente le temps d’injection pour enrichir le mélange. Lorsque la tension est haute, il réduit le temps d’injection pour l’appauvrir. Les corrections se succèdent avec un léger retard lié à la combustion et au transport des gaz jusqu’à la sonde.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Sonde basse : augmentation de Tinj. Sonde haute : diminution de Tinj. Le calculateur corrige alternativement autour de la stœchiométrie.

Question 2.2.3. Donner un avis argumenté sur le comportement du calculateur à partir des signaux relevés.

Après 80 s, le signal lambda commute régulièrement entre les états pauvre et riche, tandis que la correction de Tinj varie pour ramener le mélange vers la cible. Cette oscillation est attendue avec une sonde à bande étroite en régulation boucle fermée. Les signaux ne montrent donc pas, à eux seuls, un défaut du calculateur : celui-ci corrige continuellement le dosage.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le calculateur semble réguler normalement en boucle fermée, avec des corrections alternées autour de la richesse stœchiométrique.

Analyse des signaux entre 27 et 43 secondes, document 6

Question 2.3.1. Étudier l'évolution dans le temps des deux signaux, la sonde lambda et le pourcentage de correction de Tinj, puis donner un avis justifié sur le comportement du moteur.

Entre 27 et 43 s, la tension lambda reste élevée pendant une partie de la séquence, ce qui indique un mélange riche. Sur le même intervalle, la correction de Tinj diminue nettement : le calculateur réduit l'injection pour compenser cet enrichissement. La réponse n'est pas immédiate et le régime revient au ralenti pendant cette correction ; le fonctionnement est donc transitoirement perturbé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le mélange reste riche un certain temps ; le calculateur réduit Tinj, mais la correction est tardive au retour au ralenti.

Question 2.3.2. Conclure sur la qualité du dosage à partir de l'analyse précédente.

La sonde lambda révèle un écart vers la richesse, tandis que la correction de Tinj cherche à le compenser. Le dosage n'est donc pas satisfaisant pendant cette phase transitoire : le mélange est trop riche avant que la régulation ne puisse le corriger. Cette perturbation peut déstabiliser le moteur lorsque le régime rejoint le ralenti.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dosage momentanément trop riche et instable ; la correction du calculateur ne rétablit pas immédiatement le mélange cible.

Conclusion de l'essai

Question 2.4. À partir de l'étude précédente, conclure sur les objectifs de l'essai énoncés au début du sujet.

L'enregistrement permet d'étudier le comportement de l'injection pendant la succession de roulages et le retour au ralenti. La phase après 80 s montre une régulation lambda oscillante, tandis que la séquence entre 27 et 43 s met en évidence un enrichissement transitoire et une correction de Tinj. Ces observations orientent le diagnostic vers un dosage perturbé susceptible de favoriser le calage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'essai permet d'analyser les signaux et met en évidence un enrichissement transitoire au retour au ralenti, susceptible de favoriser le calage.

3. Hypothèses sur les origines du calage

L'étude porte sur le comportement thermique du mélange au niveau du boîtier papillon fermé, au ralenti pendant la période du défaut. Elle considère une vaporisation complète du carburant et néglige d'abord l'humidité de l'air, à partir des données de chaleur spécifique, de chaleur latente de vaporisation, de pouvoir comburivore et de richesse.

Question 3.1. Écrire littéralement la quantité de chaleur échangée lors de la vaporisation de l'essence.

La chaleur latente massique de vaporisation de l'essence est notée L_{car}. Pour une masse m_{car} entièrement vaporisée, la quantité de chaleur absorbée par le carburant est le produit de cette masse par la chaleur latente. En prenant comme positive la chaleur reçue par l'essence, on écrit donc directement la relation demandée. Cette convention de signe sera opposée à celle de la chaleur cédée par l'air.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q_e = m_{car} L_{car}$, chaleur absorbée par l'essence.

Question 3.2. La quantité de chaleur de vaporisation étant prise à la masse d'air considérée, donner la relation littérale déterminant cette quantité de chaleur pour l'air.

La masse d'air considérée cède à l'essence l'énergie nécessaire à sa vaporisation. Pour l'air, la chaleur échangée s'écrit avec sa masse m_a, sa capacité thermique massique $C_{p,air}$ et l'écart entre les températures finale et initiale. Si la température diminue, cette chaleur est négative selon la convention où la chaleur reçue est positive.

$$Q_{air} = m_a C_{p,air}(T_f - T_i) = -Q_e$$

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $Q_{air} = m_a C_{p,air}(T_f - T_i) = -Q_e$.

Question 3.3. Calculer la variation de température de l'air en fonction des données du problème.

La richesse vérifie $\phi = (m_{car}/m_a) P_{co}$, donc $m_a/m_{car} = P_{co}/\phi = 14{,}4/1{,}2 = 12$. Le bilan thermique donne $m_a C_{p,air} \Delta T = -m_{car} L_{car}$, d'où $\Delta T = -L_{car}/[(m_a/m_{car}) C_{p,air}]$. Avec $L_{car} = 335\ \mathrm{kJ/kg}$ et $C_{p,air} = 1\ \mathrm{kJ/(kg \cdot K)}$, le refroidissement théorique est calculé ci-dessous.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $\Delta T \approx -27{,}9\ \mathrm{K}$, soit une baisse théorique d'environ $27{,}9\ ^\circ\mathrm{C}$.

Question 3.4. Indiquer ce que provoquera la variation de température sur la vapeur d'eau en suspension dans les conditions d'apparition du problème.

La baisse théorique d'environ $28\ ^{\circ}\mathrm{C}$, appliquée à un air extérieur légèrement au-dessus de $0\ ^{\circ}\mathrm{C}$, peut faire passer localement l'air et les parois sous le point de rosée, puis sous le point de congélation. L'humidité présente par temps pluvieux peut alors changer d'état dans le boîtier papillon :

- la vapeur d'eau se condense sur les surfaces froides ;
- l'eau condensée peut geler et former du givre ou de la glace.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le refroidissement peut provoquer condensation puis givrage de l'humidité au niveau du boîtier papillon.

Question 3.5. Déterminer si, en réalité, la variation de température sera aussi importante et justifier la réponse.

La baisse réelle ne sera généralement pas aussi importante que la valeur théorique calculée. Celle-ci suppose que toute l'énergie de vaporisation est prélevée uniquement à la masse d'air considérée et néglige les échanges avec les éléments environnants.

En réalité, le boîtier papillon, le moteur et l'air ambiant apportent de la chaleur au mélange. De plus, la condensation de vapeur d'eau libère de la chaleur. Ces effets compensent une partie du refroidissement dû à la vaporisation du carburant.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La baisse réelle est moins importante que la baisse théorique, en raison des apports thermiques et de la condensation.

Question 3.6. À partir de l'étude précédente, formuler une hypothèse sur la cause de l'apparition du problème.

1. Au ralenti, le papillon fermé et la vaporisation du carburant peuvent refroidir fortement la zone du boîtier papillon.
2. Par temps froid et humide, l'eau présente dans l'air peut s'y condenser puis geler.
3. Le givre ou la glace peut gêner le passage d'air nécessaire au ralenti. Le débit d'air et la combustion deviennent alors insuffisants ou instables, ce qui peut entraîner le calage lors du retour au ralenti.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Hypothèse : le givrage du boîtier papillon perturbe l'alimentation en air au ralenti et provoque le calage.

4. Méthodologie de l’essai

Cette partie vise à définir les conditions et le déroulement d’un essai permettant de reproduire le défaut de calage au retour au ralenti, moteur chaud. Le candidat doit préciser les conditions extérieures et de fonctionnement moteur, puis choisir parmi les moyens d’essai disponibles en tenant compte de leurs caractéristiques.

Question 4.1. À partir du cahier des charges du document 1, définir la liste des conditions extérieures et de fonctionnement moteur permettant de reproduire le calage au retour au ralenti. Quantifier et préciser ces conditions.

Condition	À reproduire
Saison et lieu	Hiver, Nord de la France
Heure et météo	7 h, température extérieure légèrement supérieure à 0 °C, temps pluvieux
Trajet et conduite	Circulation urbaine en première, avec accélérations et décélérations successives, puis arrêt au point mort et retour au ralenti
Motorisation	Moteur essence 4 cylindres, 4 temps, injection monopoint M.A.3.0
État moteur pour l’essai	Chaud

Le cahier des charges client signale le défaut moteur chaud ou froid. Toutefois, cette partie demande de réaliser l’essai moteur chaud. Reproduire la séquence urbaine en première, puis l’arrêt au point mort et le retour au ralenti, dans les conditions hivernales et pluvieuses indiquées. Aucune valeur plus précise de température ou de durée n’est fournie.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Hiver dans le Nord, 7 h, pluie, température légèrement supérieure à 0 °C. Trajet urbain en première, moteur chaud, arrêt au point mort et retour au ralenti.

Question 4.2. Compte tenu de la nature du problème et des conditions d’essai, choisir un ou plusieurs moyens parmi ceux proposés dans le document 8 et présenter les remarques pertinentes, notamment techniques, économiques et climatiques.

Choisir en premier le banc freiné à rouleaux en cellule climatisée : il permet de reproduire de façon contrôlée les accélérations et décélérations en première, puis l’arrêt et le retour au ralenti, en réglant la température extérieure près de 0 °C.

- La pluie n’est pas explicitement simulée par les moyens décrits; vérifier la possibilité d’obtenir une forte humidité.
- Le circuit ville peut compléter l’essai pour valider le défaut sur chaussée humide, mais dépend de la météo et offre moins de répétabilité.
- Le banc classique maîtrise moins les conditions climatiques; les autres pistes sont moins représentatives du parcours client.

La cellule climatisée privilégie la reproductibilité et limite les contraintes d’un essai routier, mais son coût et la disponibilité doivent être comparés à une validation extérieure.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Choix principal : banc freiné à rouleaux en cellule climatisée. Compléter si nécessaire par un essai sur circuit ville humide.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2000)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve U51 du BTS Moteur à combustion interne, code MOESEEM, dure 3 heures et a un coefficient 3; la session n'est pas indiquée. Elle étudie le calage au retour au ralenti d'un moteur essence à injection monopoint, après roulage par temps froid et humide. Elle évalue l'analyse des signaux, le dosage, une hypothèse thermique et la préparation d'un essai de reproduction.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le remplissage relatif se lit sur la cartographie en fonction du régime moteur et de l'angle d'ouverture du papillon.
- Le document 2 donne la relation V_inj = a × T_inj, qui relie le volume injecté au temps d'ouverture de l'injecteur.
- Une sonde lambda classique signale un mélange pauvre ou riche autour de la richesse stœchiométrique.
- La vaporisation du carburant prélève de la chaleur au mélange et peut favoriser la condensation de la vapeur d'eau.

Points de vigilance & attentes du jury

- Lire les axes, unités et échelles des courbes avant de relever un instant, un régime ou un angle.
- Justifier l'identification du ralenti avec les trois conditions demandées et comparer les valeurs aux références constructeur.
- Relier la tension lambda à la richesse et suivre simultanément son évolution et la correction du temps d'injection.
- Choisir un moyen d'essai capable de reproduire la météo, le trajet urbain et le fonctionnement moteur chaud.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer le temps d'injection à partir des données du document 2 ?

Lisez d'abord le remplissage sur la cartographie à partir du régime et de l'ouverture du papillon. Déterminez ensuite les masses d'air et de carburant avec les données moteur et la richesse, puis utilisez la relation V_inj = a × T_inj.

Q : Comment interpréter les variations de tension de la sonde lambda ?

Une sonde lambda classique indique si le mélange est pauvre ou riche autour de la richesse stœchiométrique. Comparez ses basculements au sens et à l'évolution de la correction du temps d'injection pour interpréter l'action du calculateur.

Q : Comment répartir le temps pendant les trois heures de l'épreuve ?

Le sujet conseille 20 minutes de lecture, puis 35 minutes pour la première partie, 70 minutes pour la deuxième, 35 minutes pour la troisième et 20 minutes pour la quatrième. Ce sont des repères de gestion du temps, pas un barème.

Q : Quels critères de notation sont explicitement indiqués dans le sujet ?

Le sujet précise que la clarté des réponses, la présentation et la précision des argumentations sont prises en compte. Aucun barème détaillé par question n'est imprimé, il ne faut donc pas supposer de répartition des points.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsmte.fr/assets/annales/bts-mte/E5 - Mise au point d'une motorisation/2000/BTS MTE - E5 - Mise au point d'une motorisation - Session 2000 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Motorisations Toutes Énergies : 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.