



N° 37
JANVIER
2019

Sommaire

- 1 | Préambule
- 2 | Terminologie des matériels et applications
- 3 | Intérêt des contrôles des matériels d'entretien des dépendances vertes
- 4 | Essais sur bancs
- 5 | Synthèse et conclusion

Évaluation des performances des matériels d'entretien des dépendances vertes

La présente note a pour objet d'informer sur les méthodes d'essais permettant de contrôler, d'évaluer et de mesurer les performances techniques des matériels neufs de fauchage, de débroussaillage et de taille mécanique des végétaux des dépendances vertes.

Ces essais font l'objet des normes NF EN 15436-2 et NF EN 15436-3, élaborées au niveau européen au sein du comité technique européen de normalisation CEN/TC 337 et publiées en mars 2016.

1 Préambule

L'entretien des dépendances vertes est une activité indispensable à la bonne gestion des infrastructures de transport. Il permet de garantir la sécurité des usagers de la route, de maintenir en bon état ses abords et de préserver l'environnement en donnant à la route l'image d'un lieu agréable et propre. A l'échelle de la France, les dépendances vertes routières représentent une surface estimée à 4 500 km² [1].

Pour entretenir efficacement de telles surfaces, il est indispensable pour les exploitants de la route de s'équiper en matériels de fauchage et de débroussaillage qui répondent à leurs besoins.

2 Terminologie des matériels et applications

Il existe deux grandes catégories de matériels de fauchage-débroussaillage traitées dans la présente note : les roto-faucheuses et les faucheuses-débroussailleuses à bras articulé (FDBA).

Toutes ces machines possèdent une structure de construction avec des éléments constitutifs similaires : un bâti, une articulation et un outil.

Les roto-faucheuses, destinées principalement aux accotements, sont installées pour la plupart sur des tracteurs de type agricole. Elles peuvent être axiales ou déportées.

Les FDBA, quant à elles, sont plus adaptées à des situations de travail complexes qu'il est possible de rencontrer le long de la route (talus, accotements, signalisation...). Elles peuvent être montées sur un large panel de porteurs, aussi bien à l'avant, à l'arrière que sur le côté. Polyvalentes, les FDBA présentent cependant l'inconvénient d'être plus onéreuses et moins maniables que les roto-faucheuses [2].

Les opérations de fauchage et de débroussaillage interviennent à des moments différents de l'année et ne concernent pas les mêmes végétations.

Le fauchage concerne la végétation herbacée et consiste à réduire la hauteur des végétaux selon le principe suivant : coupe, broyage et éventuellement l'évacuation des déchets de coupe. Le fauchage est nécessaire pour la sécurité des usagers de la route (visibilité dans les zones d'ombre), l'entretien (fonctionnement des fossés, limiter l'envahissement des végétaux...) et la propreté.

Le débroussaillage concerne les végétaux ligneux, plus résistants mécaniquement (ronces, buissons...). Il permet la régulation, la coupe et le déchiquetage des végétaux plus résistants qui poussent sur les talus et envahissent les accotements et les fossés.

Fauchage et débroussaillage peuvent être effectués avec le même matériel ; dans ce cas, c'est le sens de rotation de l'outil de coupe qui change.

La taille mécanique concerne les feuillus et les arbustes. Effectuée le plus souvent à l'aide d'un lamier ou d'un sécateur à cadence de coupe lente, elle est destinée à couper les branches de faible section et à l'entretien de haies [3].

3

Intérêt des contrôles des matériels d'entretien des dépendances vertes

Les travaux de fauchage, de débroussaillage et de taille mécanique des végétaux des dépendances vertes nécessitent des matériels spécifiques répondant à des critères bien définis.

Les mises à jour des normes européennes NF EN 15436-2¹ « *Matériels d'entretien des dépendances routières, Partie 2 : Evaluation des performances* » et NF EN 15436-3¹ « *Matériels d'entretien des dépendances routières, Partie 3 : Classification* », effectuées en 2016 dans le cadre des travaux du comité technique CEN/TC 337, définissent et décrivent les méthodes d'essais permettant de contrôler, d'évaluer et de mesurer les performances techniques (essais de puissance et essais cinématiques) des types de matériels avec l'outil de dotation de série.

La mise à jour de ces deux normes européennes a été faite à la demande des constructeurs de matériels. Elle a pour but d'intégrer des essais de performances complémentaires, notamment l'ajout d'essais d'endurance avec mouvements du bras articulé, permettant ainsi de prendre en compte, lors des essais, la totalité des composants de la machine.

4

Essais sur bancs

4.1 ESSAIS DE PUISSANCE

a. Présentation du banc d'essai de puissance

Les essais de puissance doivent être réalisés conformément à la norme européenne NF EN 15436-2 « *Matériels d'entretien des dépendances routières, Partie 2 : Evaluation des performances* ».

Les spécifications de cette norme permettent de déterminer le bilan de puissance des matériels d'entretien des dépendances. Trois essais principaux sont effectués lors du contrôle des matériels, ceci dans les deux sens de rotation de l'outil de coupe :

- Fonctionnement du rotor sans mouvement du bras articulé sur une courte période
- Fonctionnement du rotor sans mouvement du bras articulé sur une longue période.
- Fonctionnement du rotor avec mouvements du bras articulé sur une longue période.

1. Ces normes sont disponibles en téléchargement sur le site de l'AFNOR : <https://www.afnor.org/>

b. Fonctionnement du banc sans mouvement de bras articulés

Les principaux éléments du banc permettant de mesurer les caractéristiques de puissance des matériels d'entretien des dépendances sont :

Un moteur électrique : couplé à l'arbre de transmission (figure 1), il fournit la puissance nécessaire au fonctionnement de la machine. La vitesse de rotation du moteur est définie par l'opérateur en fonction de la machine testée. Un couplemètre et un capteur de vitesse, placés entre la sortie moteur et l'arbre de transmission, permettent de mesurer, avec une précision de 1%, les caractéristiques de puissance envoyées par le moteur à l'entrée de la machine.

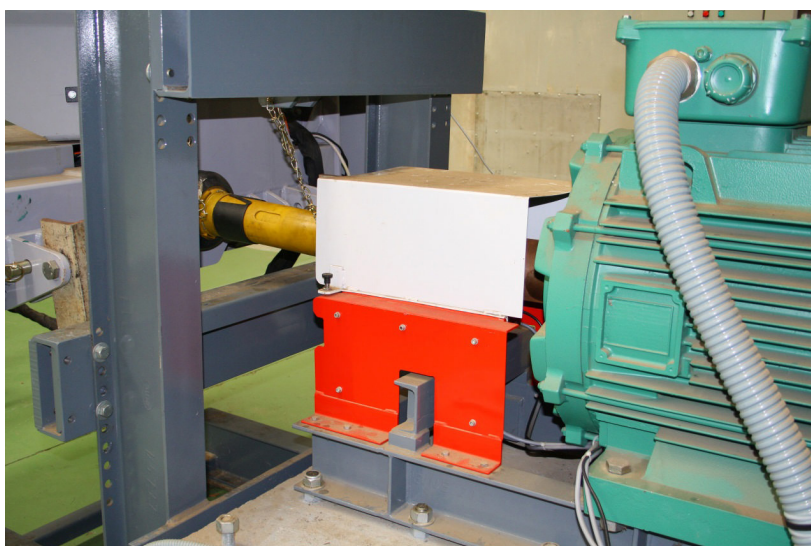


Figure 1 : Moteur, arbre de transmission et bâti d'un banc d'essai de puissance

Un bâti : il se substitue à la fixation trois points du porteur de la machine (figure 1).

Un frein électromagnétique : connecté au rotor des outils de coupe (figure 2), il freine le rotor et simule ainsi un effort dans les deux sens de fonctionnement de l'outil (fauchage et débroussaillage).

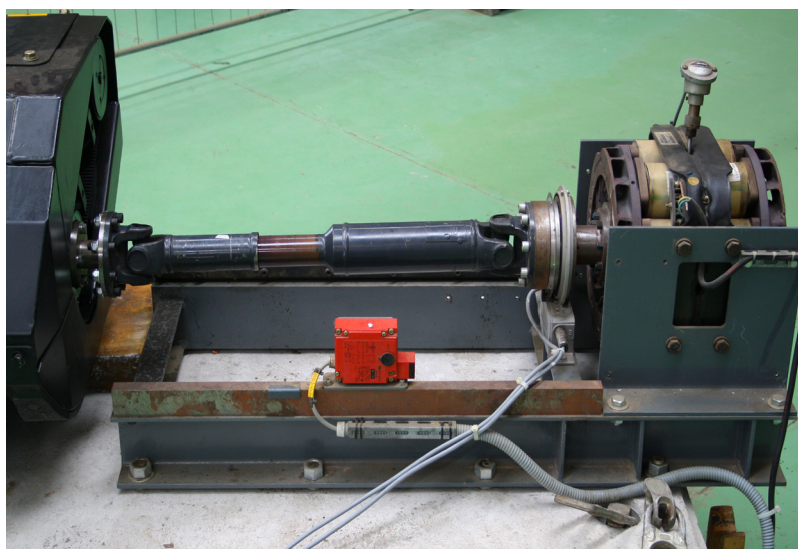


Figure 2 : Frein électromagnétique d'un banc d'essai de puissance

Un couplemètre et un capteur de vitesse : placés entre l'arbre de transmission et le frein (figure 2), ils permettent la mesure des caractéristiques de puissance de sortie de la machine avec une précision inférieure à 1%.

Un ordinateur et un logiciel de pilotage : un logiciel assure les fonctions de paramétrage, de suivi, de contrôle et de mémorisation de l'ensemble des données. Les mesures sont effectuées en temps réel, permettant de visualiser les courbes de performance de la machine durant les essais.

c. Fonctionnement du banc avec mouvements de bras articulés

Pour certains matériels, notamment les FDBA, les conditions en vraie grandeur prescrites par la norme européenne NF EN 15436-2 imposent de réaliser des mouvements de bras articulé lors des essais.

Un système de robotisation de la commande du bras articulé doit être mis en place afin de reproduire ces mouvements grâce à un automate programmé commandant le manipulateur (joystick) de la machine.

Un outil est placé à l'extrémité du balancier de la FDBA. Celui-ci n'est pas mis en rotation lors des essais, il a une fonction de poids mort (« outil n°2 » sur la figure 3).

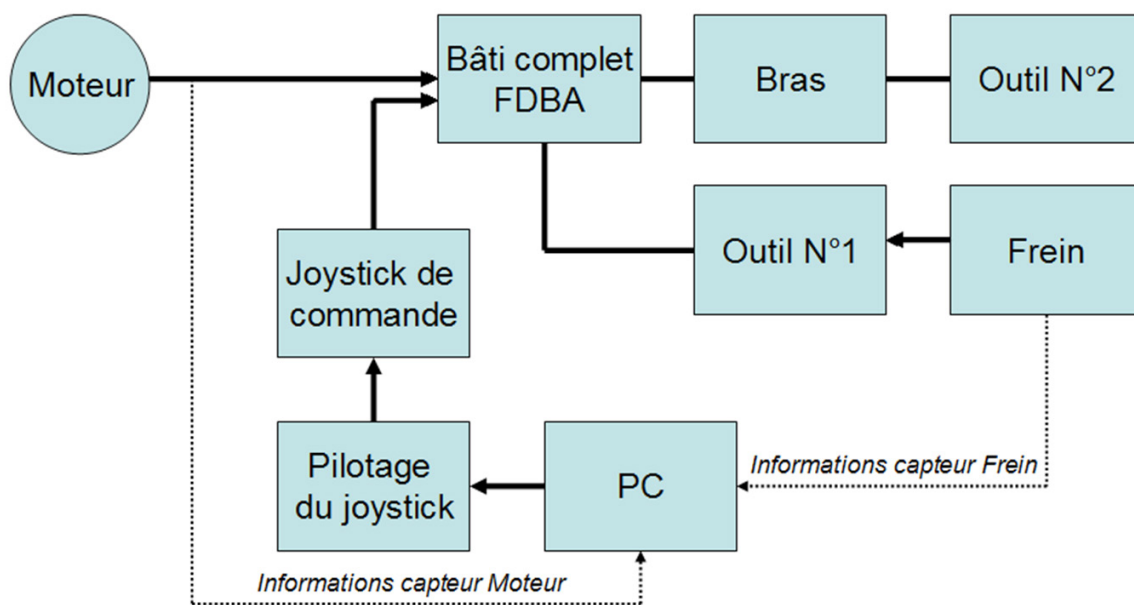


Figure 3 : Schéma du fonctionnement du banc d'essai avec mouvement de bras articulé

Les mouvements du bras articulé sont contrôlés par des capteurs de position. Les données de ces capteurs sont recueillies par un logiciel. Un automate permet de corriger les dérives lors du déplacement du bras.

Parallèlement aux mouvements du bras, un outil (« outil n°1 » sur la figure 3) est freiné. Ce freinage simule l'effort résultant du fauchage ou du débroussaillage.

d. Évaluation du matériel

Deux essais normalisés permettent de caractériser les performances de puissance du matériel à tester. Le premier concerne la puissance maximale instantanée et le second la puissance maximale en continu.

- L'essai de la **puissance maximale instantanée** développée par la machine est effectué sur une courte période, durant laquelle la machine est freinée par un frein électromagnétique placé au niveau de l'outil. Le freinage de la machine reconstitue son « effort maximal » durant le travail de fauchage ou débroussaillage. Pour cet essai, les mesures sont également réalisées en continu et sauvegardées.
- L'essai de **puissance maximale en continu** correspond à un fonctionnement en continu des machines et rend compte de la constance de la puissance et du rendement. Les mesures de la puissance en continu et du rendement sont réalisées sur une durée de 4 heures, durant laquelle la machine est freinée par un frein électromagnétique au niveau de l'outil. Le test prévoit la mesure et le suivi en continu de nombreux paramètres, tels que la vitesse, le couple et la température.

Ce type de mise en condition de machines demande des installations très spécifiques ainsi que des moyens de mesure suffisamment précis permettant de satisfaire aux spécifications de la norme. Le banc d'essai comporte un moteur d'une puissance supérieure à 130 kW permettant d'entraîner les machines et pouvant reconstituer les deux types de prises de force possibles (500 ou 1000 tr/min). Le frein électromagnétique peut exercer un effort de 500 Nm (limite du couplemètre) sur le rotor de l'outil de coupe. Les mesures de vitesse et de couple du moteur et de l'outil sont effectuées avec une précision inférieure à 1%.

ENDURANCE ET PUISSANCE

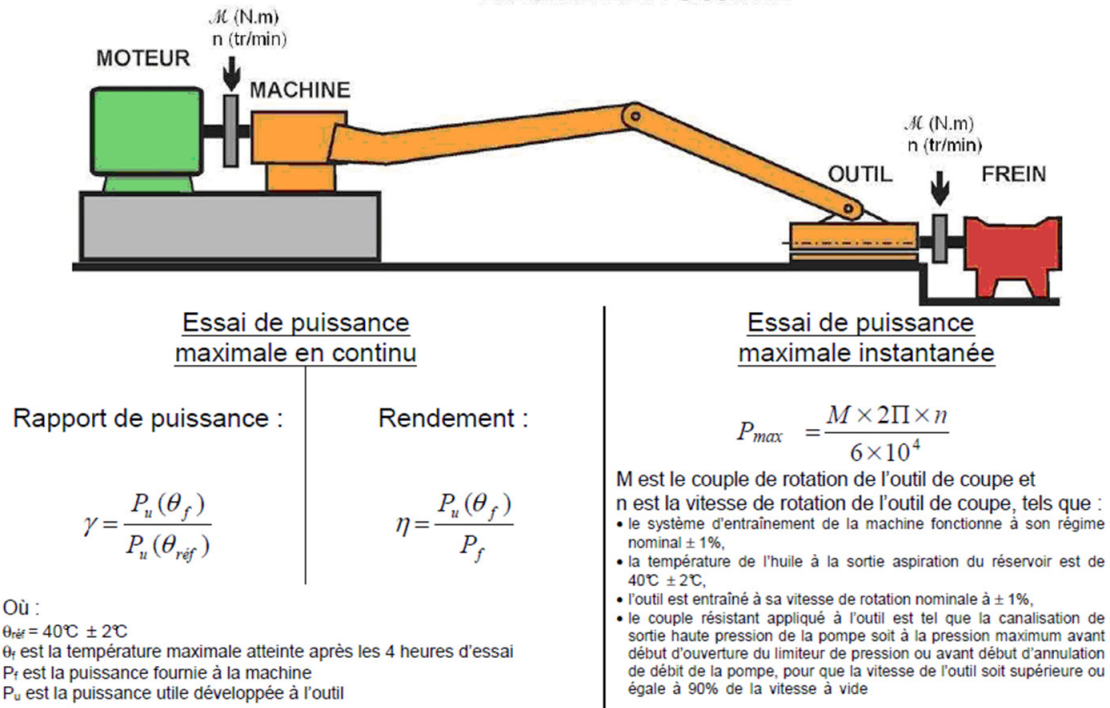


Figure 4 : Schéma de principe du banc d'essai de puissance, synthèse des essais de conformité à la norme NF EN 15436-2

Puissance maximale instantanée

L'essai consiste à freiner l'outil de la FDBA à sa puissance maximale, juste avant l'ouverture du limiteur de pression. Le freinage est maintenu pendant quelques minutes, conformément aux spécifications de la norme. Le couple et la vitesse sont relevés au niveau de l'outil. La puissance utile maximale instantanée est calculée grâce à la formule ci-dessous :

$$P_u = \frac{M \times 2\pi \times n}{6 \times 10^4}$$

Où :

- P_u est la puissance utile maximale instantanée (en kW)
- M est le couple de rotation de l'outil de coupe (en Nm)
- n est la vitesse de rotation de l'outil de coupe (en tr/min)

Puissance maximale continue (« essais d'endurance 4h »)

L'essai consiste à faire fonctionner la FDBA à pleine puissance durant deux tranches séparées par une tranche où la puissance est réglée au 2/3 de la puissance maximale du groupe de broyage. La durée de ces tranches est spécifiée par la norme.

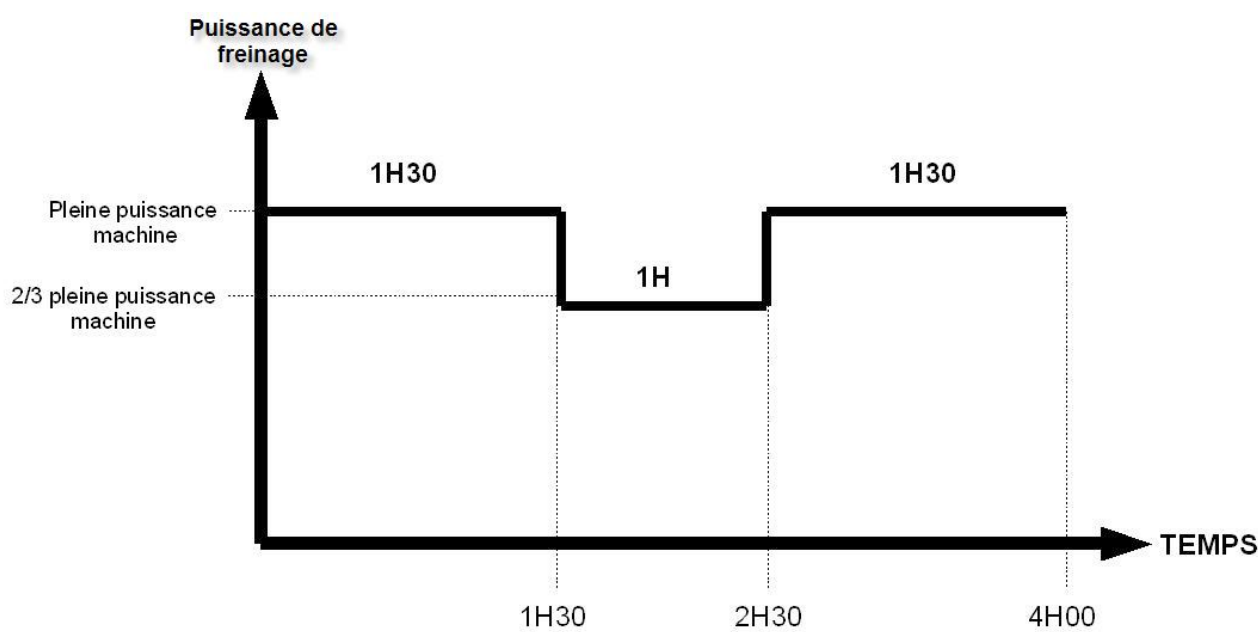


Figure 5 : Déroulement d'un essai d'endurance

Les données mesurées et calculées sont les suivantes :

- La puissance fournie à la machine - Pf.
- La vitesse, le couple de l'outil de coupe et son sens de rotation (débroussaillage ou fauchage).
- Puissance utile à l'outil - Pu.
- Température de l'huile hydraulique.
- Rapport de puissance (rapport de la puissance fournie au bout des 4 heures d'essais et de la puissance fournie à la température de référence du début de l'essai (40°C)).
- Rendement (rapport de la puissance utile à l'outil de coupe et de la puissance fournie à la machine au bout de 4 heures d'essai).

Les conditions de réalisation de l'essai sont les suivantes :

Tableau 1 : Paramètres initiaux des essais de puissance

| PARAMETRES | FAUCHAGE ET DÉBROUSSAILLAGE |
|--------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Désignation | Valeurs imposées par la norme |
| Température ambiante moyenne | 25°C +/-5°C |
| Température de l'huile hydraulique au début de l'essai | 40°C +/-5°C |
| Vitesse de rotation en entrée de la machine | Régime nominal +/-1% |
| Vitesse de rotation de l'outil | Régime nominal +/-1% |

Puissance maximale continue (« essais d'endurance 4h avec bras mobiles »)

L'essai consiste à faire fonctionner la FDBA à pleine puissance durant deux tranches séparées par une tranche où la puissance est réglée au 2/3 de la puissance maximale du groupe de broyage. La durée de ces tranches est spécifiée par la norme.

Au cours de cet essai, la mobilité du bras est définie comme suit :

- Bras en position perpendiculaire à l'axe de transmission.
- Outil posé au sol.
- Amplitude des mouvements à l'outil : 200 cm.

Les données mesurées et calculées sont les suivantes

- La puissance fournie à la machine - Pf.
- La vitesse, le couple de l'outil de coupe et son sens de rotation (débroussaillage ou fauchage).
- Puissance utile à l'outil - Pu.
- Température de l'huile hydraulique.
- Rapport de puissance (rapport de la puissance fournie au bout des 4 heures d'essais et de la puissance fournie à la température de référence du début de l'essai (40°C).
- Rendement (rapport de la puissance utile à l'outil de coupe et de la puissance fournie à la machine au bout de 4 heures d'essai).

Les conditions de réalisation de l'essai sont les suivantes :

Tableau 2 : Paramètres initiaux des essais de puissance maximale continue pour le cas d'essais avec mouvements de bras articulés

| PARAMETRES | FAUCHAGE ET DÉBROUSSAILLAGE |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Désignation | Valeurs programmées |
| Amplitude d'un mouvement – montée ou descente (à l'outil) | 2000 mm |
| Vitesse du mouvement (à l'outil) (50% de Vmax) | 50% de la vitesse maximale |
| Nombre de cycles | Autant que nécessaire pendant toute la durée de l'essai |
| Temps d'un cycle (mouvement haut - bas) | 30 s |

Critère de réussite des essais

Pour tous les essais listés précédemment, l'essai est considéré comme réussi si le matériel testé fonctionne sans arrêt intempestif sur toute la durée de l'essai et si la température du fluide hydraulique mesurée ne dépasse pas la température maximale préconisée par le constructeur. L'outil de coupe devra, en outre, présenter un temps d'arrêt de rotation satisfaisant.

4.2 ESSAIS CINÉMATIQUES

a. Présentation du banc d'essai

Pour réaliser ces essais, il est recommandé d'utiliser un banc d'essai qui permet de réaliser des essais de performances cinématiques conformément aux préconisations de la norme européenne NF EN 15436-2 « *Matériels d'entretien des dépendances routières, Partie 2 : Evaluation des performances* » (figure 6).



Figure 6 : Banc d'essais de performances cinématiques avec glissières de sécurité et plan incliné à -45°

b. Caractéristiques dimensionnelles et cinématiques d'une FDBA

Les caractérisations des performances dimensionnelles d'une FDBA reposent sur la définition de trois portées (figure 7) :

- **La portée horizontale (A)**, qui représente la distance maximale entre l'axe du porteur et l'extrémité de l'outil, sur sol plat.
- **La portée talus en remblai (E)**, qui est définie par la distance maximale entre l'extrémité de l'outil et une référence au sol à 1,10 m de l'axe du porteur, pour un outil positionné à 45° du sol (figure 10).
- **La portée talus en déblai (D)**, qui est définie par la distance maximale entre l'extrémité de l'outil et une référence au sol à 1,10 m de l'axe du porteur, pour un outil positionné à -45° du sol.

Les figures ci-dessous, extraites des normes NF EN 15436-1 et NF EN 15436-2, illustrent ces données pour un exemple s'appuyant sur un porteur type tracteur agricole équipé d'une FDBA.

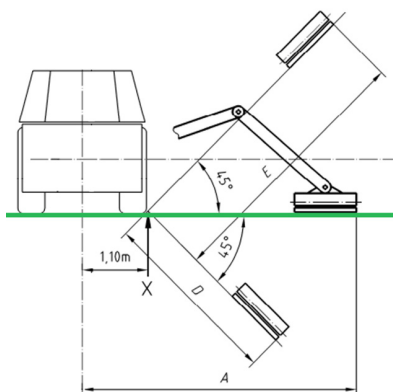


Figure 7 : Caractéristiques cinématiques d'une FDBA

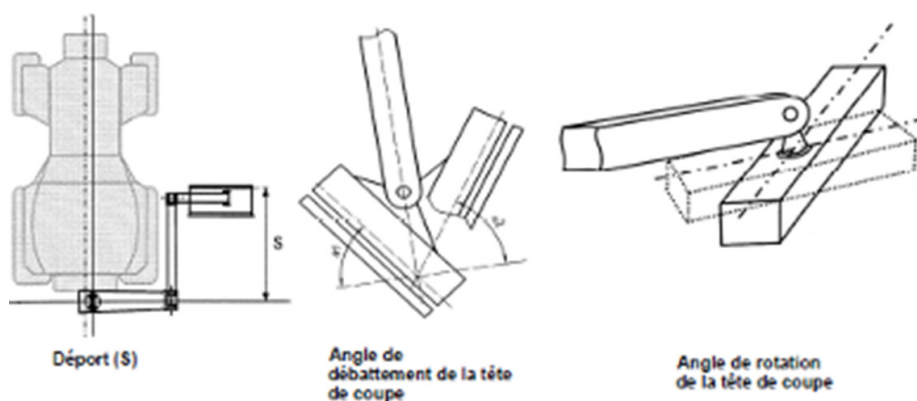


Figure 8 : Déport, angle de débattement et angle de rotation d'un outil de fauchage - débroussaillage - taille mécanique de végétaux

Les principaux essais de performances cinématiques pour les faucheuses-débroussailleuses à bras articulé concernent :

- **Le déport** (précision : $\pm 0,01$ m), **l'angle de débattement de la tête de coupe** et **l'angle de rotation de la tête de coupe** (précision : $\pm 1^\circ$).
- **La portée horizontale (A)** : la précision de la mesure de la distance horizontale est de $\pm 0,01$ m.
- **La portée talus en remblai (E)** : cette mesure s'effectue sur un plan incliné à 45° sur lequel repose la tête de coupe. Ce plan incliné permet de mesurer directement la portée (E). La précision de cette mesure est de $\pm 0,02$ m.
- **La portée talus en déblai (D1)** : cette mesure s'effectue sur un plan incliné à -45° sur lequel repose la tête de coupe. Ce plan incliné permet de mesurer directement la portée (D1). La précision de cette mesure est de $\pm 0,02$ m.
- **La portée talus en déblai avec glissière (D2)** : cette mesure s'effectue sur un plan incliné à -45° sur lequel repose la tête de coupe. Ce plan incliné permet de mesurer directement la portée (D2). La précision de cette mesure est de $\pm 0,02$ m.
La cote E_f (figure 9) est une cote d'encombrement représentative de l'épaisseur du bras articulé.

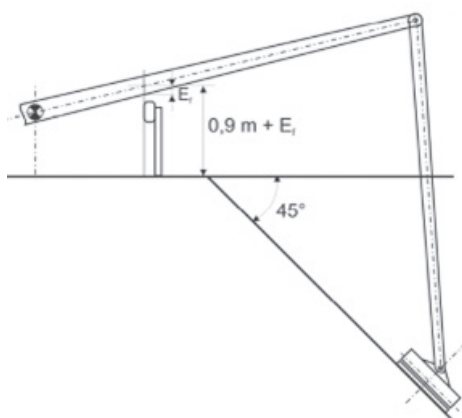


Figure 9 : Caractéristiques cinématiques dans le cas d'un essai avec glissière de sécurité



Figure 10 : Fauchage d'un talus en remblai

c. Caractéristiques cinématiques d'une roto-faucheuse

Les principaux essais de performances cinématiques pour les roto-faucheuses concernent :

- **L'angle de débattement de la tête de coupe** (précision : $\pm 1^\circ$) (figure 8).
- **La portée horizontale (A)** : la précision de la mesure de la distance horizontale est de $\pm 0,01$ m.
- **La portée talus en remblai (R)** : cette mesure s'effectue sur un plan incliné à 45° sur lequel repose la tête de coupe. Ce plan incliné permet de mesurer directement la portée (R). La précision de cette mesure est de $\pm 0,02$ m.
- **La portée talus en déblai (D)** : cette mesure s'effectue sur un plan incliné à -45° sur lequel repose la tête de coupe. Ce plan incliné permet de mesurer directement la portée (D). La précision de cette mesure est de $\pm 0,02$ m.

La figure 11 ci-dessous, extraite de la norme NF EN 15436-2, illustre ces données pour un exemple s'appuyant sur un porteur type tracteur agricole équipé d'une roto-faucheuse.

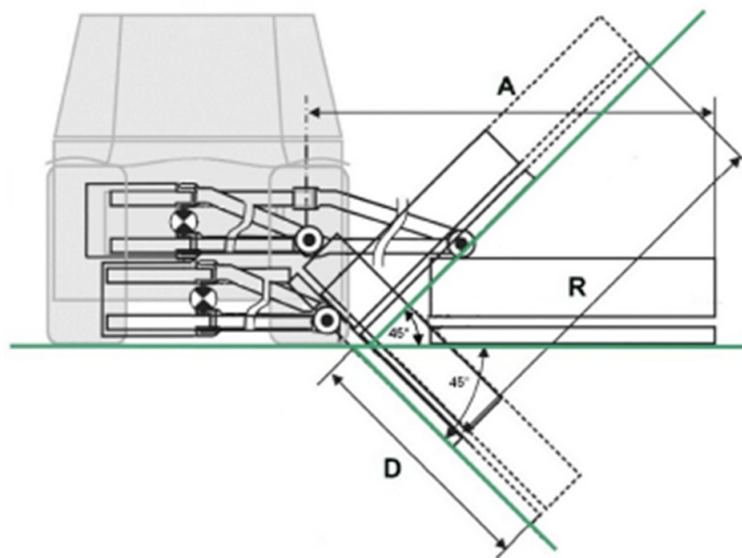


Figure 11 : Caractéristiques cinématiques d'une roto-faucheuse

d. Caractéristiques cinématiques d'un matériel de taille mécanique

Les principaux essais de performances cinématiques pour les matériels de taille mécanique des végétaux (lamiers) concernent :

- **L'angle de débattement de la tête de coupe** (précision : $\pm 1^\circ$), le déport (précision : $\pm 0,01$ m) (figure 8).
- **La portée verticale (B)** : la précision de la mesure de la distance verticale est de $\pm 0,02$ m.
- **La portée à flanc de haie (l)** : la précision de cette mesure est de $\pm 0,02$ m.
- **La hauteur maximale sur haie (C)** : la précision de cette mesure est de $\pm 0,02$ m.

La figure 12 ci-dessous, extraite de la norme NF EN 15436-2, illustre ces données pour un exemple s'appuyant sur un porteur type tracteur agricole équipé d'un matériel de taille mécanique de végétaux.

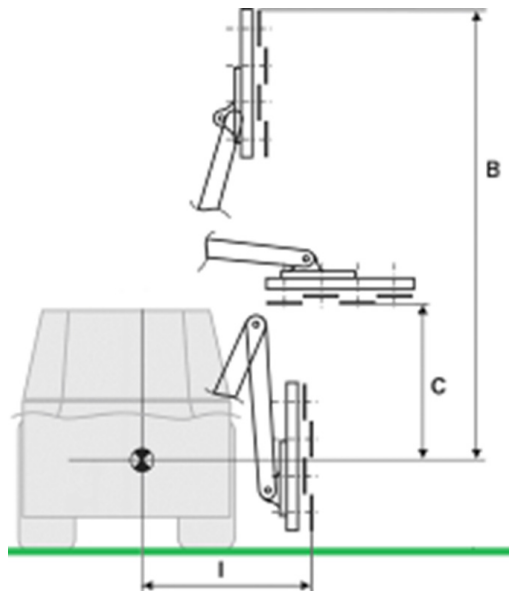


Figure 12 : Caractéristiques cinématiques d'un matériel de taille mécanique de végétaux

Les essais de performances cinématiques impliquent également le contrôle des caractéristiques pondérales et d'encombrements des matériels à tester.

L'objectif de ces essais cinématiques est de comparer les valeurs des mesures géométriques des matériels relevées lors des essais avec les données indiquées par le constructeur. Cette norme permet également de définir un référentiel concernant la terminologie et la définition des principales côtes communément utilisées par les constructeurs de matériels.

5 Synthèse et conclusion

L'entretien des dépendances vertes routières mobilise des matériels dont la technologie et la robustesse doivent être éprouvées afin de garantir la réalisation et la qualité du travail.

Les contrôles normalisés interviennent ainsi dans deux domaines complémentaires contribuant à améliorer les techniques actuelles : l'innovation industrielle et la qualité.

Ces normes permettent de classer les machines en termes de performances ainsi que de garantir le contrôle et la validation des données fournies concernant les performances et les caractéristiques cinématiques des matériels.

L'utilisation des bancs d'essais permet aux constructeurs de matériels, mettant au point leurs outils, de vérifier les hypothèses émises par leurs bureaux d'études. Au-delà de cette aide au développement et à l'innovation des machines, ces bancs permettent de contrôler et de valider les performances annoncées par les constructeurs.

Bibliographie :

- [1] : Site internet : www.sarthe.fr. « *La gestion des dépendances vertes routières – Sarthe* », 2016.
- [2] : Guide Direction des routes - AVF - CNIM. « *Matériels de fauchage – débroussaillage - Guide de recommandation pour l'acquisition de matériels de fauchage et débroussaillage* », Octobre 2001.
- [3] : Guide Sétra « *Entretien des dépendances vertes* », Février 2004.

Liste des figures :

- Figure 1 : Moteur, arbre de transmission et bâti d'un banc d'essai de puissance
- Figure 2 : Frein électromagnétique d'un banc d'essai de puissance
- Figure 3 : Schéma du fonctionnement du banc d'essai avec mouvement de bras articulé
- Figure 4 : Schéma de principe du banc d'essai de puissance, synthèse des essais de conformité à la norme NF EN 15436-2
- Figure 5 : Déroulement d'un essai d'endurance
- Figure 6 : Banc d'essais de performances cinématiques avec glissières de sécurité et plan incliné à -45°
- Figure 7 : Caractéristiques cinématiques d'une FDBA
- Figure 8 : Déport, angle de débattement et angle de rotation d'un outil de fauchage - débroussaillage - taille mécanique de végétaux
- Figure 9 : Caractéristiques cinématiques dans le cas d'un essai avec glissière de sécurité
- Figure 10 : Fauchage d'un talus en remblai
- Figure 11 : Caractéristiques cinématiques d'une roto-faucheuse
- Figure 12 : Caractéristiques cinématiques d'un matériel de taille mécanique de végétaux

Liste des tableaux :

- Tableau 1 : Paramètres initiaux des essais de puissance
- Tableau 2 : Paramètres initiaux des essais de puissance maximale continue pour le cas d'essais avec mouvements de bras articulés

La présente note d'information a été rédigée par la Commission du Matériel rattachée au comité opérationnel Avis de l'IDRRIM.

Avertissement : La présente note est destinée à donner une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et de non exhaustivité. Ce document ne peut en aucun cas engager la responsabilité ni des auteurs, ni de l'Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité.



9, rue de Berri - 75008 Paris - Tél : +33 1 44 13 32 99

www.idrrim.com - idrrim@idrrim.com

 @IDRRIM

Association loi 1901