

Choix d'un tracteur : Caractéristiques du moteur

Lors de l'acquisition d'un nouveau tracteur, les performances du moteur constituent un élément de comparaison important. Les notions de puissance et de couple font partie des critères à évaluer.

Sylvain Boéchat*

Puissance, couple moteur, régime nominal, consommation spécifique sont autant de notions qui doivent être connues pour comparer différents modèles entre eux. Cet article a pour objectif de rappeler les bases de l'interprétation des caractéristiques techniques du moteur et d'aborder certains détails de ces aspects.

Les courbes caractéristiques du moteur d'un tracteur agricole

Les performances d'un moteur sont présentées généralement sous forme de courbes, car elles varient en fonction du régime du moteur. Les caractéristiques techniques d'un moteur sont fournies soit par le constructeur, soit à partir d'essais réalisés par des institutions indépendantes. En Suisse, la Station de recherche fédérale Agroscope ART Tänikon effectue des tests de tracteurs. C'est à partir de leurs protocoles d'essais et des résultats obtenus que nous développerons ici les explications relatives à la lecture et à l'interprétation des courbes de performance.

La courbe de puissance

La puissance est le plus souvent exprimée en kilowatt (kW) et se définit en fonction de la vitesse de rotation du moteur. Pour effectuer des calculs précis de puissance à partir des caractéristiques relevées dans les notices de constructeurs ou des rapports d'essais, on utilise la formule suivante :

$$P \text{ (en kW)} = \frac{\text{Couple (en Nm)} \times \text{Vitesse (en tr/min)}}{9550}$$

Il s'agit en fait de diviser le produit du couple (en Nm) multiplié par la vitesse (en tr/min) pour obtenir la puissance en kW. Par exemple un tracteur qui donne un couple de 95,5 Nm à

1000 min⁻¹ développe une puissance de 10 kW.

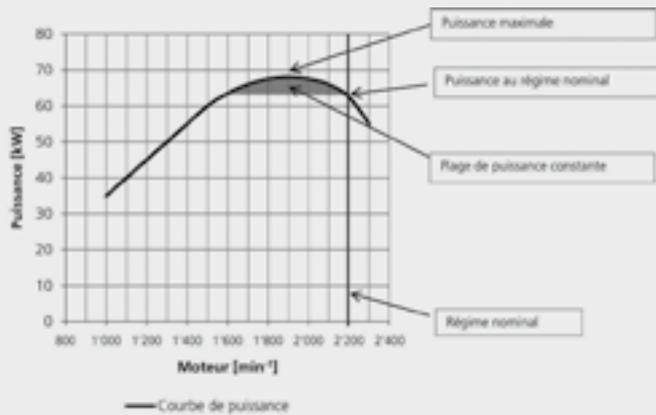
Une courbe de puissance se présente généralement sous la forme du schéma 1.



Pour des travaux lourds à la prise de force, on privilégiera un couple maximum à un régime moteur le plus proche possible du régime nominal de la prise de force.

* Sylvain Boéchat, AGRIDEA Références & Technique Agricole

Schéma 1 : Représentation d'une courbe de puissance



Pour connaître la puissance délivrée à un certain régime, il suffit de se reporter sur le graphique et d'observer la puissance correspondante sur la courbe au régime retenu : par exemple, le nombre de tours de 1500 min⁻¹ correspond à 60 kW.

La partie « ascendante » de la courbe (qui s'élève de gauche à droite vers le sommet) correspond à la variation de puissance à pleine charge. La notion de pleine charge signifie qu'à une certaine vitesse, le moteur ne pourra pas fournir un effort plus élevé.

La partie « descendante » de la courbe (à droite de son sommet) correspond à la puissance à charge partielle. Elle fait référence à la baisse de puissance constatée lorsque le moteur tourne à vide (en débrayant par exemple). Le moteur n'a plus de résistance à vaincre, sa vitesse de rotation augmente.

La courbe du couple

Pour s'assurer que le tracteur répondra à l'utilisation qu'on veut en faire, il faut tenir compte du couple du moteur. Le couple moteur correspond à la capacité du moteur à supporter un effort, il s'exprime en Newton mètre (Nm). Le couple moteur produit soit l'effort de traction soit l'entraînement de l'outil à la prise de force. On retient deux valeurs pour exprimer le couple :

- **Le couple maximum :** valeur maximale du couple à un régime donné (entre 1400 et 1800 min⁻¹ selon les moteurs)
- **Le couple nominal :** valeur du couple au régime maximum du moteur.

Pour des travaux lourds de traction (par ex. labour, transports à tonnage élevé) le moteur doit disposer d'un couple de démarrage important. On peut néanmoins pallier à un couple de démarrage faible grâce à une boîte de vitesse bien étagée (à passage sous charge par exemple) pour « lancer » l'ensemble.

Pour des travaux lourds à la prise de force, on privilégiera un couple maximum à un régime moteur le plus proche possible du régime nominal de la prise de force. Cela permet d'éviter une perte de régime importante lorsqu'un effort supplémentaire est demandé.

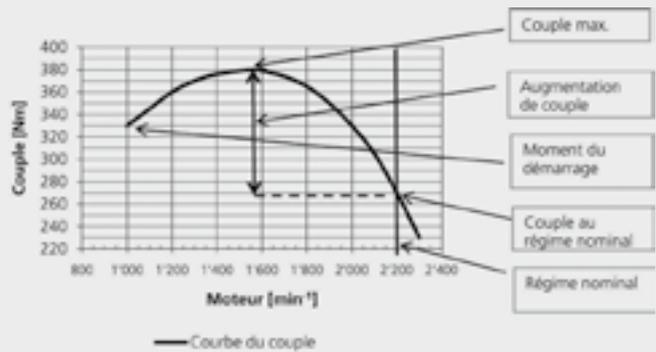
La réserve de couple

La réserve de couple (ou augmentation de couple) correspond donc à la différence entre le couple moteur maximal et le couple moteur au régime nominal, exprimée en % du couple au régime nominal. Une réserve de couple élevée correspond à une augmentation possible « importante » de la force de rotation délivrée par le moteur lors d'une chute du régime. Par exemple : un tracteur qui effectue un travail à un régime proche de son régime maximal, si son régime chute dans un passage difficile, le couple augmente et permet au tracteur de mieux faire face à l'effort supplémentaire sans avoir à changer de vitesse.

Le couple d'un moteur diesel, et tout particulièrement celui d'un moteur de tracteur, devrait augmenter fortement à mesure que son régime baisse. Le couple maximal devrait être atteint à un régime relativement bas.

Sur le graphique ci-dessus à 2200 min⁻¹, le couple fourni équivaut à ~270 Nm. Si pour une raison quelconque (bourrage de la machine, etc.) la résistance opposée augmente, le moteur verra sa vitesse diminuer, et son régime deviendra inférieur à 2200 min⁻¹. En se reportant au gra-

Schéma 2 : Représentation d'une courbe de couple



Cette courbe nous montre que le couple n'est pas constant et varie en fonction de la vitesse de rotation du moteur.

Son sommet correspond au couple maximum, fournit à un certain régime. Pour l'interprétation : la forme de la courbe est plus importante que la valeur du couple maximal. Plus la pente de la courbe est accentuée, plus le moteur est nerveux car son couple est mis rapidement à disposition et avec une faible chute de régime. Une courbe trop raide n'est pas souhaitable car elle correspond à une plage d'utilisation optimale réduite. Une courbe assez plate indique un moteur plus mou qui risque de caler plus facilement. La partie la plus intéressante de cette courbe se situe à la droite de son sommet : Elle correspond à la réserve de couple. En soit cette notion ne reflète pas réellement les performances du moteur, il s'agit en fait d'un simple calcul théorique :

$$\text{Reserve de couple} = \frac{\text{Couple maxi} - \text{couple au régime nominal}}{\text{Couple au régime nominal}} \times 100$$

phique, on constate que si la vitesse de rotation diminue, le couple augmente : il peut « vaincre » la résistance supplémentaire opposée.

Le régime moteur va se stabiliser à une certaine valeur, mais si la résistance est « vaincue », la vitesse d'avancement du tracteur va quant à elle diminuer puisque le moteur a baissé de régime.

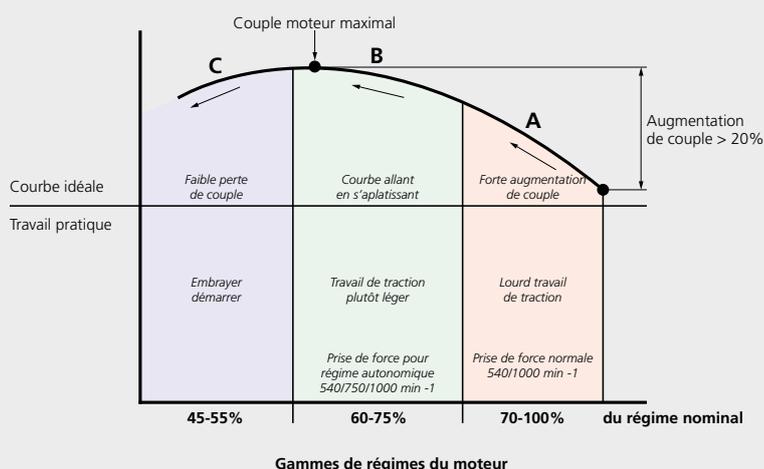
Si la résistance opposée au tracteur (donc au moteur) continue de croître, le régime va encore diminuer et le couple augmenter. Mais cette augmentation ne peut aller que jusqu'au couple maximum (obtenu ici à un régime de 1550 tr/min).

Si le couple maximum n'est pas suffisant pour vaincre cette résistance, le régime du moteur baissera et deviendra inférieur à 1550 min⁻¹. A partir de ce point le couple diminue lorsque le régime diminue : le moteur n'a plus de couple en réserve et il va caler.

La réserve de couple ci-dessus se situe donc entre 2200 et 1550 min⁻¹. Sur le graphique, on peut lire que le couple fourni à 2200 min⁻¹ correspond à ~270 Nm, et celui fourni à 1550 min⁻¹ est de 380 Nm.

Ce qui signifie qu'à 2200 min⁻¹ ce moteur est capable, si la charge augmente, de

Schéma 3: La courbe couple moteur idéale



La courbe caractéristique du couple d'un moteur de tracteur idéal monte raide dans la plage des régimes élevés (A) et s'aplatit dans la gamme moyenne (B). A raison de 55 à 70 % du régime nominal, le couple moteur devrait atteindre son maximum. Dans la gamme de 45 à 55 % du régime nominal (C, jusqu'à environ 1000 tours/minute), il ne devrait diminuer que faiblement.

La position du couple maximum doit se situer le plus bas possible dans les nombres de tours :

- Bon : plus bas que 60 % du régime maximale
- Normal : entre 60-75 %

Ce dernier critère d'appréciation n'est pas déterminant du fait que son influence sur l'élasticité du moteur se montre surtout lors de travaux de traction, rarement lors des travaux à la prise de force.

L'interprétation des caractéristiques du moteur, notamment la puissance et le couple, est nécessaire pour s'assurer que le tracteur répondra à l'utilisation que l'on veut en faire. La composition du parc machine présent sur l'exploitation ainsi que les prévisions d'acquisition de nouveaux matériels serviront entre autres de références pour définir la puissance de l'outil à acquérir.

Les tracteurs modernes sont plus lourds et mécaniquement plus sophistiqués, ce qui nécessite une augmentation de puissance. Il faut également porter une attention particulière aux options gourmandes en puissance.

Tableau : Comment apprécier l'augmentation d'un couple ? :

Augmentation	Appréciation
Jusqu'à 20 %	Médiocre
De 20 % à 30 %	Bon
Plus de 30 %	Très bon

s'exprime en g/kWh. Elle correspond à la masse de carburant nécessaire pour obtenir un kilowatt. Cette valeur doit être la plus faible possible dans les plages d'utilisation du moteur (entre 1800 et 2200 tours/min).

On donnera la préférence à un moteur « économique ». Les valeurs les plus basses sont généralement notées dans la plage de régime où le couple moteur atteint son maximum.

Consommation spécifique à puissance nominale

- moins de 270 g/kWh = bon
- entre 270 et 290 g/kWh = moyen
- plus de 290 g/kWh = élevé

On estime que la capacité du réservoir devrait correspondre à 1,5 à 2 litres par kW de puissance.

Au-delà des caractéristiques techniques du moteur, le choix d'un nouveau tracteur doit également se réaliser sur la base d'autres éléments tels que l'utilisation prévue, les besoins de l'exploitation, des travaux à effectuer. Ces aspects seront abordés plus en détail dans *Technique Agricole*. ■

Texte adapté d'un article paru dans l'Agri du 25.11.2011

faire passer le couple fourni de 270 à 380 Nm, soit une différence de 110 Nm qui correspond à la réserve de couple.

La réserve de couple s'exprime le plus souvent en %. Ainsi dans notre exemple, selon la formule énoncée plus haut, on obtient : le couple à 2200 min⁻¹ est de 270 Nm et l'augmentation jusqu'au couple maximum est de 110 Nm, exprimé en % on obtient : $(110/270) \times 100 = 40,74$, soit une réserve de couple de 40,74 %.

Cette référence permet de comparer la réserve de couple de deux moteurs diffé-

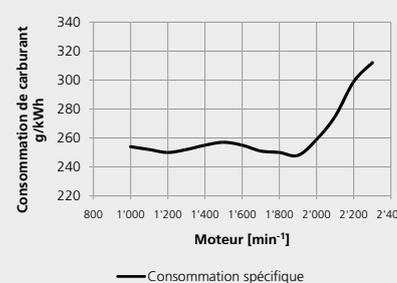
rents pour autant que la comparaison s'effectue au même régime. Pour bien comparer des réserves de couples entre elles, il est impératif que les régimes nominaux soient identiques.

Une réserve de couple de plus de 20 % indique un moteur « élastique » avec un bon pouvoir de traction.

La consommation spécifique

La consommation spécifique donne la quantité de carburant consommée par unité de puissance et par heure, elle

Schéma 4: Représentation de la consommation spécifique



- Le point le plus bas de la courbe correspond à la consommation minimum du tracteur pour un régime donné ;
- Plus la courbe sera plate, plus économique sera le tracteur
- Plus elle sera incurvée, plus le moteur consommera de carburant

Machinisme et bâtiments

Le classeur de fiches techniques « Machinisme et Bâtiments » aborde plus en détail ces différents aspects. Ces références ont pour but de fournir à l'agriculteur les éléments de base utiles à sa prise de décision.

Commande au 021 619 44 00

Ou par internet : www.agridea-lausanne.ch, rubrique « Publications »

Accès aux rapports de test réalisés par l'ART : <http://www.traktorentest.ch>