



LES SYSTEMES DE PESEE EMBARQUES POUR LES VEHICULES ARTICULES DE TYPE FOND MOUVANT



Il n'est plus à démontrer que l'utilisation d'un système de pesée permet d'optimiser le chargement à chaque voyage en réduisant les écarts des masses transportées par rapport à la charge maximale dans le respect de la réglementation.

A la différence du transport de bois ronds ou d'autres filières, pour le transport de plaquettes forestières, la masse transportée ne peut pas être évaluée par l'outil de chargement en forêt. En conséquence, on observe des sous-charges de précaution qui réduisent l'efficacité de transport et parfois des surcharges de camions qui sont refusés à la réception. De plus, certaines chaufferies ne disposant pas de pont bascule, les transporteurs doivent réaliser un détour pour se faire peser ce qui est dommageable d'un point de vue économique et environnemental.

Cet article présente les systèmes compatibles, ainsi que les nouveautés, pour la pesée embarquée d'un véhicule articulé de type fond mouvant.

Caractéristiques d'un ensemble routier de type fond mouvant

La particularité de la logistique dite en flux « direct forêt » pour la livraison de plaquettes forestières est que l'évaluation de la charge ne peut pas être assurée par l'outil de chargement. L'impossibilité d'utiliser un peson en bout de grue ou sur le bras d'un chargeur à godet, l'absence de pont bascule, imposent une pesée de manière autonome par l'ensemble routier.

Les ensembles routiers utilisés sont majoritairement des véhicules articulés composés d'un véhicule tracteur sur lequel est attelé une semi-remorque de type caisse à fond mouvant.

Le véhicule tracteur

Pour le transport de plaquettes forestières, un mixe de véhicules tracteurs 4*4 et 4*2 sont généralement utilisés pour tenir compte des difficultés d'accès aux places de dépôts. L'essieu avant est souvent à suspension à lames alors que l'essieu arrière est à suspension pneumatique.



Photo 1 : Véhicule tracteur « type » utilisé pour le transport de plaquettes



Photo 2 : Chargement des plaquettes en forêt

La semi-remorque FMA (Fond Mouvant Alternatif)

Une semi-remorque est une remorque routière destinée au transport de marchandises dont la particularité est de reposer sur un ou plusieurs essieux, à l'arrière, et sur le véhicule tracteur, à l'avant, par l'intermédiaire d'une plateforme appelée sellette, de sorte que le tracteur supporte une partie notable du poids de la remorque et de son chargement (source Wikipedia).

Les semi-remorques utilisées pour le transport de plaquettes sont équipées de trois essieux avec des roues simples.

La caisse à fond mouvant est un caisson installé sur le châssis d'une semi-remorque. Elle a la particularité de permettre le déchargement des plaquettes par friction des lames en aluminium composant son plancher. Le déchargement s'effectue ainsi sans dispositif de basculement.

Les principaux constructeurs de FMA sont en France : Legras Industries, Benalu, Socari, Berroyer ; et dans les pays limitrophes : Stas (Belgique), Knapen Trailers (Pays-Bas), Schmitz Cargobull AG (Allemagne), BMI Group (Royaume-Uni).

Les semi-remorques à fond mouvant ne présentent pas de particularités techniques qui impactent la mise en œuvre d'un système de pesage sur suspension.



Photo 3 : Exemple de châssis (source Benalu)



Photo 4 : Exemple de semi-remorque avec caisse FMA (source Legras)



Photo 5 : Exemple de plancher fond mouvant alternatif (source Legras)

Intérêt d'un dispositif de pesée embarqué

Une étude conduite par l'institut de recherche canadien FERIC (1989) illustre que la présence d'un système de pesée embarqué permet de réduire les variations de charges et donc de resserrer les écarts de charges autour de la valeur moyenne (réduction de la dispersion du nuage de points comme illustrée dans le schéma ci-dessous).

- éviter les surcharges qui sont sources d'usures précoces des pneus, d'usures mécaniques ;
- respecter les limitations réglementaires de tonnage et éviter les sanctions ;
- préserver la voirie.

Les technologies de pesage embarqué compatibles « fond mouvant »

Quelle que soit la technologie utilisée, le principe général d'une pesée est que sous l'effet d'un chargement, un véhicule subit une déformation mécanique de ses constituants structurels (suspension, essieu, châssis). La mesure de ces déformations permet d'évaluer la charge introduite dans le véhicule (Khemoudj O., 2010).

✓ La mesure de pression

Cette technologie consiste à mesurer la pression dans les circuits pneumatiques des amortisseurs de l'ensemble routier (tracteur + semi-remorque). Ces suspensions fonctionnent à l'aide d'un coussin d'air alimenté par de l'air comprimé. Une fois la pression d'air stabilisée dans le coussin, elle ne peut ensuite varier que suivant la charge que le système de suspension supporte. Le capteur est placé à proximité des coussins de la suspension, en coupant le tuyau d'alimentation d'air et en y introduisant un raccord en T. **La caractéristique entre le poids suspendu par roue et la pression est supposée linéaire. L'étalonnage consiste à construire la droite de corrélation en fonction de 2 points extrêmes (poids à vide et poids au maximum de charge).** Le poids d'un chargement est calculé en fonction de la pression enregistrée dans le circuit des amortisseurs. Les signaux sont traités par un calculateur et les résultats sont affichés sur un écran situé en cabine ou sur un mobile. **Pour effectuer une pesée optimale, les coussins d'air de la suspension doivent être en bon état et gonflés, l'ensemble routier doit être chargé uniformément et situé sur une zone plane, les freins doivent être libérés au moment de la mesure. L'opérateur a comme toujours un rôle essentiel à jouer dans la fiabilité de la mesure.**

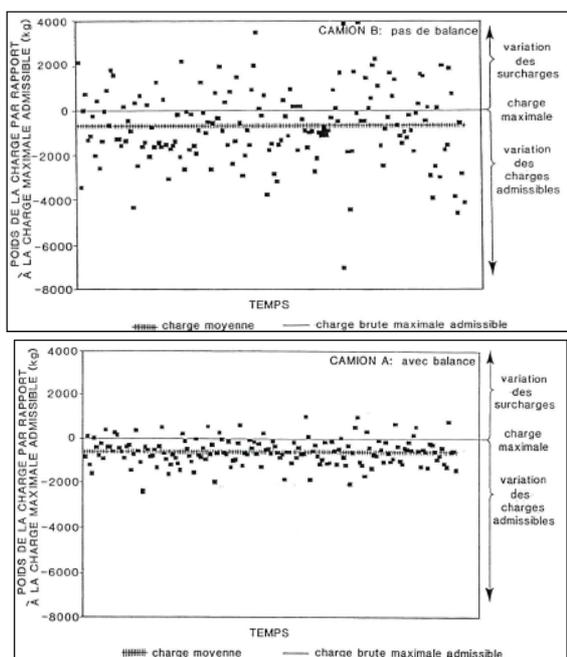


Schéma 1 : Variation de la charge transportée par des ensembles routiers équipés (en bas) ou non (en haut) d'un système de pesage embarqué (FERIC, 1989)

Ainsi, un tel dispositif présente les principaux avantages directs ou indirects suivants :

- limiter les sous charges afin d'optimiser les chargements et accroître la productivité du transport ;

Pour ce type de dispositif deux offres sont disponibles sur le marché (et sont détaillées plus loin) :

- L'offre « équipementier » (offre historique) : la solution est ajoutée à la configuration d'origine de l'ensemble routier ;
- L'offre « constructeur » (nouvelle offre en cours de développement depuis 2 ans) : utilisation de capteurs déjà présents dans tous les ensembles routiers et utilisés à l'origine à d'autres fins (freinage) par les constructeurs.

✓ La jauge de contrainte

La mesure de la déformation est effectuée par une jauge de déformation (ou "jauge de contrainte"). Elle est ensuite traduite en masse de la charge. C'est par exemple l'implantation de cellules de pesage sous la sellette du tracteur ou sur les suspensions mécaniques à lames (capteur d'affaissement avec compensation de température) ou sur le châssis de la semi-remorque.

Pour les systèmes sur châssis ou sous sellette, une étude au cas par cas est toujours à réaliser préalablement à l'installation. De plus, une intervention lourde et délicate est à prévoir avec une élévation et modification des centres de gravités définis par les constructeurs. **En pratique, cette technologie n'est pas développée aujourd'hui sur les ensembles de type fond mouvant du fait des contraintes suivantes : coût, faisabilité technique, immobilisation conséquente du véhicule avec perte d'exploitation pour le transporteur. Elle n'est pas détaillée davantage dans l'étude.**

Les systèmes sur suspension à lames (mesure de déformation, corde vibrante) sont parfaitement opérationnels quant à eux et proposés par la majorité des fournisseurs de système de mesure de pression afin de répondre au cas d'une configuration à suspension mixte d'un véhicule.

L'offre « constructeur »

Ces solutions natives reposent sur l'exploitation du système EBS (système de freinage électronique) qui permet d'optimiser les forces de freinage d'un ensemble routier. En effet, le système EBS a besoin de la connaissance de la charge à l'essieu pour fonctionner. La mesure est alors détournée de sa fonction première pour donner l'information au chauffeur. **Cette technologie équipe les ensembles routiers depuis de nombreuses années, mais ce n'est que récemment que l'exploitation des données du système EBS de la semi-remorque est possible dans l'ordinateur de bord du tracteur.**

A propos d'EBS

EBS est l'abréviation de « Electronic Braking System ». C'est un système standardisé de freinage à commande électronique qui équipe le véhicule tracteur et la semi-remorque. Les semi-remorques équipées du système EBS sont connectées au véhicule tracteur au moyen d'une prise EBS. La communication électrique des données de freinage entre un tracteur EBS et une remorque EBS est réglementée par la norme ISO 1199.

Le principe de fonctionnement d'un dispositif EBS est le suivant :

- La pédale de frein envoie au calculateur la demande de freinage du chauffeur sous forme d'informations électroniques.
- Le calculateur détermine les pressions de freinage optimales (par essieu et par roue) en fonction des informations des différents paramètres qu'il mesure dont la vitesse du véhicule, la charge sur les essieux, ainsi que d'autres paramètres comme l'usure des garnitures de freins et il commande électroniquement les modules E.B.S.
- Ces modules délivrent aux vases et cylindres de frein la pression d'air déterminée par le calculateur pour pouvoir répondre à la demande de freinage du conducteur.

Aujourd'hui les principaux constructeurs comme SCANIA, DAF, MAN, VOLVO, RENAULT proposent à l'achat le contrôle de charge intégré.

 <p>Sélection du menu « charge sur essieu » dans l'ordinateur de bord</p>	 <p>Ecran d'affichage des charges à vide</p>	
 <p>Télécommande d'étalonnage et de gestion du système</p>	 <p>Ecran d'affichage des charge en charge (photo réalisée en condition de test sur plateforme)</p>	

Schéma 2 : Illustration du système de contrôle de charge DAF

L'offre « équipementier »

L'offre se décline sous forme d'un kit que le transporteur achète en fonction du nombre d'essieu qu'il veut équiper. Chaque kit contient un boîtier de calcul/connexion/transmission avec deux capteurs (droite et gauche) qui peuvent être soit des capteurs de pression pour suspension pneumatique, soit des capteurs mécaniques (jauge de contrainte) pour les suspensions à lames. Les capteurs pneumatiques se généralisent de plus en plus.

Dans le cas du véhicule tracteur, le kit s'installe sur l'essieu arrière car il porte la charge du fait de la présence de la sellette d'attelage. Si le système de suspension de cet essieu ne comporte qu'une seule valve de niveau, alors un seul capteur de pression (à droite ou à gauche) est à installer.

Pour la semi-remorque, il est possible d'instrumenter tous les essieux mais dans la pratique, pour des questions de coût (et parce qu'en principe les suspensions sont reliées par file de roues), un seul essieu (généralement celui du milieu) est équipé avec un capteur de pression à droite et un à gauche. Les boîtiers de calcul/connexion/transmission renvoient ensuite l'information selon les cas en mode filaire ou en WIFI à un boîtier d'affichage ou une application smartphone.

Les solutions d'équipementiers sont sur le marché depuis de nombreuses années et suivent les évolutions technologiques.

Les principaux distributeurs sont :

ASCOREL (T1), DERISYS (EVO+), CLERAL / AERO PESAGE FRANCE (SENTINEL), VEI / SERVITED (TRUELOAD), SENSE-TECH (KIMAX), LOADMAX (AIR WEIGH).



Schéma 3 : Illustration du système ASCOREL T1

Analyse des offres du marché

Les solutions des constructeurs ont l'avantage d'être intégrées d'origine et de reposer sur des groupes industriels puissants pour peut-être évoluer rapidement si la demande est priorisée. C'est **une nouveauté qui ne peut que faciliter le déploiement et l'adoption**. En revanche, **l'offre reste aujourd'hui trop floue**. Il est très difficile d'obtenir des précisions techniques ou de trouver le bon interlocuteur. En effet, rares sont les concessionnaires en France qui valorisent ce service en maîtrisant pleinement l'expertise sur le pesage et la technologie instrumentée. Un caractère soi-disant approximatif de la mesure peut alors être avancé plutôt que de transmettre des explications. Or **le pesage ne se limite pas à un équipement**. En cas de problème, il faut être en capacité de réaliser une expertise basée sur les paramètres directs ou indirects qui peuvent être à l'origine d'une mesure erronée.

En outre, à la différence des solutions d'équipementiers, celles des constructeurs ont aujourd'hui un périmètre fonctionnel plus restreint. **Il n'y a pas de mémoire de stockage de l'information, ni d'impression ticket possible** (certaines solutions d'équipementier n'ont pas de mémoire également mais toutes proposent un périphérique d'impression). De plus, **les solutions des constructeurs ne permettent pas de gérer la reconnaissance automatique des permutations de remorques sur un tracteur** (et des paramètres de pesée préenregistrés). Enfin, l'information de tonnage est uniquement disponible sur le tableau de bord, sans visibilité possible depuis l'extérieur. **Les solutions des équipementiers** basées sur une application Android/IOS ou des boîtiers sans fils à connexion USB **peuvent permettre à l'opérateur de déchetage d'avoir également l'information de tonnage pendant le chargement** de la semi-remorque.

Les solutions d'équipementiers sont assez comparables techniquement et en termes de prix, de 1 500 et 2 000 € par kit

sachant que 2 kits sont nécessaires au minimum (tracteur + semi-remorque). Lorsque la solution ne repose pas sur une application Android/IOS alors un coût additionnel pour le boîtier de lecture est à prévoir (environ 300 €/boîtier). Il n'y a pas de frais de maintenance. Pour les solutions des constructeurs, l'acquisition est intégrée dans l'offre de vente du véhicule avec toutes les options possibles et la négociation commerciale au cas par cas.

Les solutions identifiées dans l'état de l'art ont été comparées sur base de plusieurs critères listés ci-dessous et en utilisant un système de trois notations (« complètement couvert » en vert, « partiellement » en orange et « absent » en rouge) :

1. La proximité du vendeur de la solution et en particulier la présence d'une implantation en France pour le service après-vente
2. La taille de l'entreprise
3. L'expertise métier sur le pesage
4. La possibilité de disposer de la solution en première monte
5. La facilité d'installation
6. Le degré d'intégration au véhicule
7. Le niveau de standardisation
8. La possibilité de s'affranchir de l'achat d'un boîtier dans la cabine
9. La possibilité de disposer de l'information hors de la cabine
10. La possibilité d'imprimer
11. La gestion automatique des rotations de semi-remorque
12. La possibilité de réutiliser la solution sur un nouvel ensemble routier
13. Le coût de la solution

D'autres paramètres sont également très importants à prendre en compte comme la durée de vie, le niveau de procédures internes à déployer dans une entreprise pour l'étalonnage en particulier, la facilité d'entretien, la facilité de paramétrage. Toutefois au stade de cette étude il n'est pas possible de les évaluer.

Solution		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Constructeur		Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange	Orange	Vert
Equipementier	MaxTruckT1 (Ascorel)	Vert	Orange	Vert	Orange	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
	Evo+ (Derisys)	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange	Rouge	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
	Sentinel (Cléral)	Orange	Orange	Vert	Rouge	Orange	Orange	Rouge	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
	TrueLoad (VEI)	Orange	Orange	Vert	Rouge	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
	Kimax (Sense-Tech)	Rouge	Orange	Vert	Rouge	Orange	Orange	Rouge	Rouge	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
	LoadMaxx (Air Weigh)	Rouge	Orange	Vert	Rouge	Orange	Orange	Rouge	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange

Complètement ■ Partiellement ■ Absent ■

Tableau 1 : Comparaison des solutions

Sur base de l'état de l'art et des équipements disponibles entre les partenaires, le comité de pilotage du projet PESONS* a décidé de réaliser les tests avec la solution T1 d'ASCOREL et les solutions constructeurs DAF et MAN.

Conclusion

La pesée embarquée est par définition l'obtention d'une information de tonnage à l'aide d'un dispositif embarqué dans l'ensemble routier. La valeur ajoutée est de resserrer les écarts des charges autour de la valeur moyenne et donc d'optimiser les chargements.

Pour un véhicule articulé de type fond mouvant, les systèmes de pesage sur châssis (pesée sous sellette d'attelage et cellules de charge sur le châssis de la semi-remorque) ne sont pas utilisés dans la pratique car trop contraignants à mettre en œuvre. Les systèmes sur suspension et en particulier suspension pneumatique (mesure de pression) sont privilégiés. Deux offres de marché sont proposées.

D'une part les solutions d'équipementiers (T1 d'Ascorel, EVO+ de Derisys, Sentinel de Cléral (distribuée par Aéro pesage France), TrueLoad de VEI (distribuée par Servited), Kimax de Sense-Tech, LoadMax d'Air Weigh) qui s'ajoutent à la configuration d'origine du tracteur et de la semi-remorque. Ces solutions existent depuis de nombreuses années, sont

pleinement dédiées à la pesée et distribuées par des professionnels experts de la thématique. Elles ont l'avantage d'éditionner un ticket de pesée, de gérer la reconnaissance automatique en cas de permutation de remorque sur le véhicule tracteur et pour certaines de stocker la donnée ou s'appuyer sur une application Android/IOS afin de s'affranchir de l'achat d'un boîtier de lecture et faciliter l'accès multi-utilisateur (opérateur du déchetage en particulier).

Par ailleurs, l'arrivée de l'offre des constructeurs (SCANIA, DAF, MAN, VOLVO, RENAULT). Ces derniers utilisent l'information du système EBS d'optimisation des forces de freinage d'un ensemble routier (système standardisé de freinage électronique qui exploite entre autre l'information de charge à l'essieu pour fonctionner). Les principaux constructeurs permettent maintenant l'affichage des charges dans l'ordinateur de bord. Mais rares sont les constructeurs qui maîtrisent l'expertise sur le pesage et la technologie instrumentée. En outre, le stockage de la donnée, l'impression d'un ticket, la gestion automatique d'un parc de remorques ne sont pas possibles aujourd'hui.

Rappelons qu'aucun système n'est actuellement homologué dans le cadre de la métrologie légale pour la détermination de la masse pour les transactions commerciales à partir d'instruments de pesage à fonctionnement automatique (NF EN 45501).

Enfin, dans le cadre du projet PESONS*, un test comparatif de la solution T1 d'ASCOREL et des solutions constructeurs DAF et MAN va être conduit. La sensibilité des systèmes en fonction des conditions de mesures sera étudiée. Les résultats seront communiqués prochainement.

A propos de l'étude

L'état de l'art présenté synthétise une pré-étude au montage du projet PESONS. Ce dernier est soutenu par l'ADEME (appel à projets GRAINE) et il réunit un groupe d'acteurs représentatifs de l'ensemble des maillons de la chaîne d'approvisionnement en plaquettes forestières: GCF, ONFE (producteurs), BOIS ENERGIE FRANCE, ENGIE-COFELY, IDEX Energies (exploitants), MAUFFREY (transporteur), ASCOREL (équipementier), FCBA (institut technique).

*Le projet PESONS a pour objectif de :

- Comparer deux systèmes de pesée embarqués et leur sensibilité en fonction des conditions de mesure (système « constructeur » versus système « équipementier ») ;
- Diffuser des bonnes pratiques ;
- Quantifier les bénéfices d'un système de pesée embarqué.

La finalité est d'améliorer les performances de transport de biomasse énergie dans la filière française.

FCBA remercie pour leur contribution :

Bruno GRANGE (Bois Energie France), Joël FAMERY (ENGIE), Jonathan GRENIER (GCF), Julien MOCQUERY (ONFE), Lucas SCHREPFER (AFB), Richard PARMENTIER (MAUFFREY), Thibaud CHOPARD (SYLVO WATTS), Victor DESENCLOS (IDEX).

Pour en savoir plus

AIR WEIGH, <https://www.air-weigh.com>
 ASCOREL, <http://www.ascorel.com>
 BENALU, <https://www.benalu.com>
 BERROYER, <http://berroyer.com>
 CLERAL, www.cleral.com
 DERISYS, <http://derisys.com>
 LEGRAS Industries, <https://legras-industries.com>
 MOBA, <https://moba-automation.fr>
 SENSE-TECH, <https://www.sense-tech.com/fr>
 SERVITED, <https://servited.fr/>
 SOCARI, <https://socari.eu>
 VEI, <http://www.veigroup.com>

Bibliographie

Emeyriat R., Giraud L., Poissonnet M., Forcet M., 2009, Evaluation des systèmes de pesage embarqués dans les camions de transport de bois ronds, MO FIBA

FERIC, 1989. On board truck weigh-scale evaluation. Canadian forest industries

Khemoudj O., 2010, Développement d'une méthode de pesage embarqué pour poids lourd, Thèse, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambresis, 156p

Le Net, E., Cuchet, E., Lamiscarre, J., Lewin, F., 2004. Comment peser les chargements des camions de bois en forêt. Evaluation de la précision et situation à l'étranger. Rapport technique, AFOCEL, 14 p

Morillon V. et Carette T., 2019, Les systèmes de pesée embarqués, [Note de veille n°2](#), COPACEL

Etude réalisée en partenariat avec



Contact

Christophe GINET ● christophe.ginet@fcba.fr
 Tél. 03 80 36 36 20

Pôle 1^{ère} Transformation-
 Approvisionnement

Equipe Approvisionnement

60 route de Bonnencontre

21170 Charrey-sur-Saône

