

# Pré-étude au projet PESONS : Pesée embarquée pour l’approvisionnement en plaquettes forestières de chaufferies bois

---

Etat de l’art des systèmes de  
pesées embarqués pour les  
ensembles routiers  
de type fond mouvant

---

Avril  
2021



EXPERTISES

En partenariat  
avec :



## REMERCIEMENTS

Ce document correspond au livrable « Etat de l'art des solutions du marché » du projet PESONS « Pesée embarquée pour l'approvisionnement en plaquettes forestières de chaufferies bois » financé par l'ADEME (2019-2021). FCBA remercie pour leur contribution les partenaires et membres du comité de pilotage.

Partenaires : Bruno GRANGE (Bois Energie France, Christophe GINET (FCBA), Joël FAMERY (ENGIE) Jonathan GRENIER (CGF), Julien MOCQUERY (ONFE), Luca SCHREPPFER (AFB), Richard PARMENTIER (Transports MAUFFREY), Thibaud CHOPARD (SYLVO WATTS), Victor DESENCLOS (IDEX)

Comité de pilotage : Partenaires et Alice FAUTRAD (ADEME)

AUTEUR : Christophe GINET (FCBA)

## CITATION DE CE RAPPORT

GINET Christophe, 2021, Etat de l'art des systèmes de pesées embarqués pour les ensembles routiers de type fond mouvant, Livrable du projet PESONS, ADEME, 31 pages.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

### Ce document est diffusé par l'ADEME

#### **ADEME**

20, avenue du Grésillé  
BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1903C0003

Étude réalisée par Christophe GINET pour ce projet financé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Groupe Coopération Forestière  
Appel à projet de recherche : APR Graine 2017

Coordination technique - ADEME : FAUTRAD Alice, ingénieure  
Service Forêt Alimentation Bioéconomie - Direction Productions et Energies Durables

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>2</b>
<b>RÉSUMÉ.....</b>	<b>5</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>6</b>
<b>1. CONTEXTE ET OBJECTIF .....</b>	<b>7</b>
<b>2. GENERALITES SUR LA PESEE EMBARQUEE .....</b>	<b>7</b>
2.1 Intérêt d'un dispositif de pesée embarqué .....	7
2.2 Un contexte porteur .....	7
<b>3. CARACTERISTIQUES D'UN ENSEMBLE ROUTIER DE TYPE FOND MOUVANT .....</b>	<b>8</b>
3.1 Particularité de la logistique bois énergie avec un fond mouvant.....	8
3.2 Description d'un fond mouvant .....	8
<b>4. LES TECHNOLOGIES DE PESAGE EMBARQUE .....</b>	<b>9</b>
4.1 Principe général.....	9
4.2 Technologies utilisées.....	9
4.2.1 La mesure de pression.....	9
4.2.2 La jauge de contrainte.....	10
4.2.3 L'approche mixte.....	11
4.3 Quelques brevets .....	12
<b>5. DESCRIPTION DES PRINCIPALES SOLUTIONS DU MARCHE .....</b>	<b>13</b>
5.1 Solutions constructeurs sur suspensions pneumatiques .....	13
5.2 Solutions dédiées sur suspensions (pneumatiques et/ou mécaniques).....	14
5.2.1 MaxTruck (ASCOREL).....	14
5.3 Adis+ et EVO+ (DERISYS).....	16
5.3.1 KiLoad et Sentinel (Cléral) .....	16
5.3.2 TrueLoad (VEI, Servited).....	17
5.3.3 Kimax (Sense-Tech).....	18
5.3.4 LoadMaxx (Air Weigh).....	19
5.4 Cellules de charge.....	20
5.4.1 Cellules de pesage Moba .....	20
5.4.2 Logger System (Vishaypg).....	20
5.4.3 Pacific Northwest Technologies .....	20
5.4.4 Vulcan On-Board Scales.....	21
<b>6. ANALYSE DES SOLUTIONS, MOTIVATION DE LA SOLUTION A PRIVILEGIER ET REFLEXION SUR LA SUITE DU PROJET .....</b>	<b>21</b>
6.1 Analyse des solutions du marché.....	21

6.2 Motivation de la solution à privilégier et réflexion sur la suite du projet.....	25
<b>7. CONCLUSION.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>28</b>
<b>INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES.....</b>	<b>29</b>
<b>SIGLES ET ACRONYMES .....</b>	<b>31</b>

## RÉSUMÉ

Le projet PESONS vise à tester, évaluer et valoriser des dispositifs de pesée embarquée pour les attelages de transport de biomasse énergie sous la forme de plaquettes forestières.

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.

Ce rapport est une pré étude au projet PESONS. Il présente les systèmes compatibles, ainsi que les nouveautés, pour la pesée embarquée d'un véhicule articulé de type fond mouvant.

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.

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.

## ABSTRACT

The PESONS project aims to test, to assess and to enhance several on-board weighing devices for biomass energy transport.

Until now, wood energy transport do not use on-board weighing. This lack of equipment leads to underload as a precautionary measure, which reduces transport efficiency. In some cases, unintentional overloads are observed, leading to refuse deliveries. Moreover, small energy plants do not have a weighbridge. As a result, carriers must make detours to a weighbridge located on a third-party platform. These practices are therefore damaging from an economic and above all ecological point of view.

This deliverable is a pre-study to the PESONS project. It presents the compatible devices, as well as the novelties, for the on-board weighing of payload of an articulated vehicle dedicated to forest chips transport.

Weighing devices based on measurement of air pressure in pneumatic suspension are currently the most used and two types of offers are available in the market.

On the one hand, additional devices proposed by equipment manufacturer such as T1 from Ascorel, EVO+ from Derisys, Sentinel from Cléral (distributed by Aéro pesage France), TrueLoad from VEI (distributed par Servited), Kimax from Sense-Tech, LoadMax from Air Weigh. These solutions are specialized in payload weighing and distributed by experts in this field.

On the other hand, truck manufacturer offers such as SCANIA, DAF, MAN, VOLVO, RENAULT. These companies are not specialized in payload weighing. They use the information from the Electronic Braking System (EBS). Their solutions have less functionalities but have the advantage of being available and integrated in standard in a semi-trailer.

Finally, in the PESONS project, a comparative study between T1 from Ascorel, DAF and MAN solutions will be carried out.

# 1. Contexte et objectif

Le projet PESONS a été défini par un groupe d'acteurs représentatifs et complémentaires de la filière bois énergie : GCF (coordinateur), ONF Energie, SOVEN, BEF, IDEX, MAUFFREY, ASCOREL, FCBA. Il vise, dans son périmètre initial, à développer, tester et valoriser un dispositif de pesée embarquée pour les attelages de transport de biomasse énergie sous la forme de plaquettes forestières.

Ce projet a reçu un avis favorable du Conseil Scientifique et Technique GRAINE, confirmé par le comité de sélection de l'ADEME en liste principale. Toutefois, un état de l'art doit être réalisé préalablement au démarrage du projet.

Dans ce contexte, l'objectif de ce document est de synthétiser un état de l'art des technologies disponibles sur le marché pour le pesage embarqué d'un ensemble routier de type semi-remorque à fond mouvant. Les éléments doivent permettre de juger, comparer les différentes solutions et motiver les solutions à retenir dans le cadre du projet PESONS.

## 2. Généralités sur la pesée embarquée

La pesée embarquée est par définition l'obtention d'une information de tonnage à l'aide d'un dispositif embarqué dans le véhicule par opposition aux dispositifs en dehors du véhicule (ponts bascules, pèses-roues, pèse-essieux, peson sur grue d'un véhicule chargeur).

### 2.1 Intérêt d'un dispositif de pesée embarquée

D'après une étude conduite par FP Innovation (FERIC, 1989), 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).

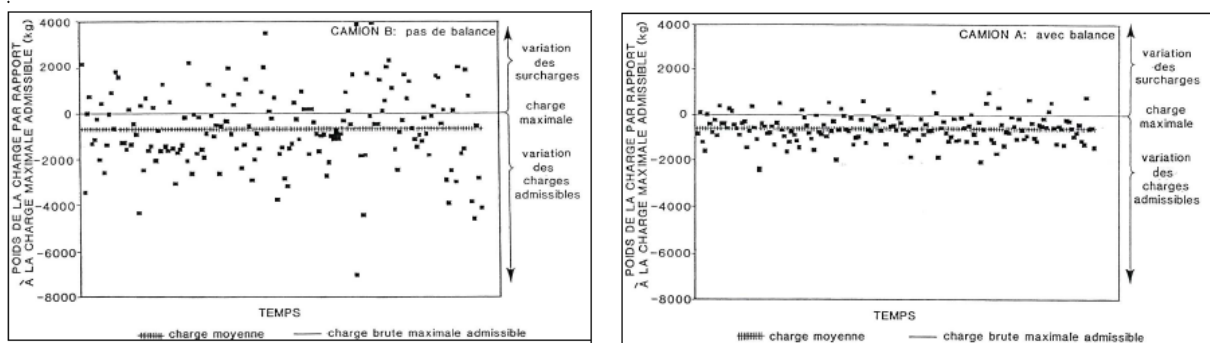


Figure 1: Variation de la charge transportée par des ensembles routiers équipés (à droite) ou non (à gauche) d'un système de pesage embarqué (FERIC, 1989)

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 (meilleure planification logistique du nombre de tournées, réduction du nombre de tours induits par la sous-charge) ;
- 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 ;
- Réduire le taux de camions qui effectue des détours pour accéder à une bascule.

### 2.2 Un contexte porteur

Les systèmes de pesée embarqués se sont beaucoup développés dans le transport de bois ronds puisque depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2010 pour les véhicules neufs et le 1<sup>er</sup> janvier 2015 pour l'ensemble des véhicules routiers, le conducteur doit pouvoir justifier du poids total roulant de son ensemble routier sur les

« itinéraires bois ronds 48-57 tonnes ». Les données d'un dispositif de pesage embarqué ou des documents de pesage disponibles à bord permettent de répondre à cette exigence.

De plus, le besoin de connaissance de la charge transportée n'est pas propre à la filière bois et beaucoup d'autres filières se sont également développées et tirent le marché : collecte des ordures ménagères, filières de recyclage en général ou autres transports de vrac.

Ainsi de nombreux systèmes existent aujourd'hui. Les technologies sont relativement bien connues. Les interfaces informatiques permettent d'apporter de nouveaux services aux transporteurs pour un meilleur suivi de leur production et des échanges d'informations avec les clients.

Toutefois chaque domaine d'application a ses spécificités compte tenu des matériels de transport utilisés et des conditions d'utilisation.

## 3. Caractéristiques d'un ensemble routier de type fond mouvant

---

### 3.1 Particularité de la logistique bois énergie avec un fond mouvant

A la différence d'autres filières employant des attelages routiers, la charge ne peut être évaluée par l'outil de chargement des ensembles en forêt. En effet, les ensembles routiers de type fond mouvant utilisés pour le bois énergie sont chargés en forêt par la déchiqueteuse qui souffle les plaquettes. Aucun système de pesée n'est disponible sur le chantier, au moment du chargement (pas de pont bascule, pas de porteur forestier sur lequel un peson en bout de grue pourrait être installé, pas de chargeur à godet). L'ensemble routier doit pouvoir se peser de manière autonome.

### 3.2 Description d'un fond mouvant

Les « fonds mouvants » sont des véhicules articulés composés d'un véhicule tracteur sur lequel est attelé une semi-remorque de type benne à fond mouvant.

#### ✓ Véhicule tracteur

Pour le transport de plaquettes forestières, le véhicule tracteur est généralement de configuration 4\*4 pour faciliter l'accès aux places de dépôts dans les massifs forestiers, toutefois des ensembles 4\*2 sont également utilisés ainsi que plus rarement des tracteurs 6\*2 ou 6\*4 lorsque l'entreprise effectue également du transport de bois ronds. Le tracteur comprend dans la majorité des cas 2 essieux dont 1 moteur à l'arrière. Souvent l'essieu avant est à suspension à lames alors que l'essieu arrière est à suspension pneumatique. Dans une plus faible proportion, l'essieu avant peut être équipé d'un système de suspension pneumatique.

#### ✓ Semi-remorque

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 Wikipédia).

#### ✓ Caisse à fond mouvant

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

Les principaux constructeurs 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 (en tout cas sur les suspensions).





Figure 2 : Exemple de châssis : Benalu Jumbotrack à gauche, Jumboliner au centre et Legras continu à droite (source : sites Internet des entreprises)



Figure 3 : Exemple de fond mouvant : Socari allégé 90m<sup>3</sup>, Legras FMA routière, Benalu Jumbotrack, Berroyer muti transport (source : sites Internet des entreprises)

## 4. Les technologies de pesage embarqué

### 4.1 Principe général

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).

### 4.2 Technologies utilisées

Deux grandes technologies sont utilisées pour la mesure du poids des camions à l'aide de systèmes embarqués : la mesure de pression et la jauge de contrainte.

Les données sont ensuite transmises en mode filaire à un boîtier embarqué et, plus récemment, par des systèmes sans fil de type WIFI ou Bluetooth vers un smartphone.

#### 4.2.1 La mesure de pression

La technologie consiste en une mesure de la pression dans le circuit pneumatique des amortisseurs de l'ensemble routier. 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 légèrement 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. Le poids d'un chargement est calculé en fonction de la pression enregistrée dans le circuit des amortisseurs. Les signaux sont traités par l'intermédiaire d'un calculateur et les résultats sont affichés par l'intermédiaire d'un écran situé en cabine.

Pour effectuer une pesée optimale :

- Les coussins d'air de la suspension doivent être en bon état.
- L'ensemble routier doit être chargé uniformément et situé sur une zone plane. En effet, les conditions de stationnement peuvent affecter les mesures.

Pour ce type de dispositif avec capteurs installés sur les suspensions pneumatiques, deux cas sont possibles :

- Soit les capteurs sont ajoutés à la configuration d'origine de l'ensemble et on parlera dans le reste du document de solution de pesée dédiée ;
- Soit les capteurs sont montés d'origine (sans avoir à ajouter un équipement à la configuration constructeur) et on parlera de solutions de pesée d'un constructeur.

Ce système présente l'avantage d'être le moins cher mais il est aussi le moins précis (FERIC, 1989).

## 4.2.2 La jauge de contrainte

La technologie consiste à mesurer la déformation d'une pièce sous le poids de la charge. Cette mesure, effectuée par une jauge de déformation (ou "jauge de contrainte"), est ensuite traduite en poids de la charge. C'est par exemple l'implantation de cellules de pesage (jauge de déformation) sur la sellette du tracteur ou sur les suspensions mécaniques à lames ou sur le châssis de la semi-remorque.

### ✓ Cas sur châssis

Ce type de cellules correspond à des balances qui supportent le poids de la charge et qui mesurent la déformation exercée entre le châssis et le faux châssis.

Le faux châssis est représenté par le terme « superstructure » dans la figure ci-dessous.

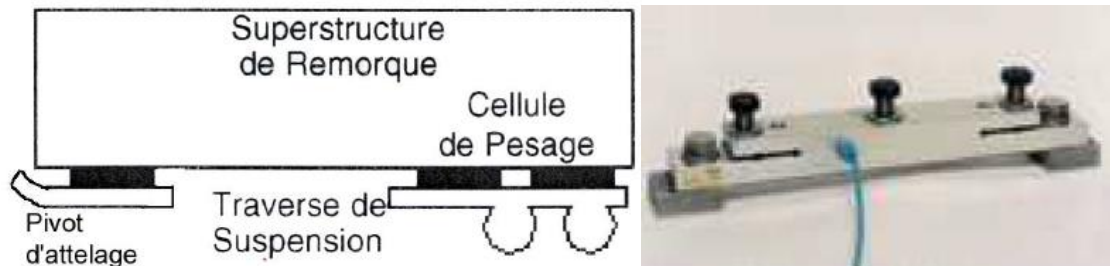


Figure 4 : Exemple de cellules de charge positionnées entre le châssis et le faux-châssis

Il est possible de l'adapter sur du matériel en service mais le coût est alors onéreux, du coup, il est préférable de l'installer au moment de la construction de la structure du véhicule. Les conditions de stationnement peuvent déformer les signaux de la cellule (pente, ornière).

Ce système de pesage offre en principe une plus grande précision que les capteurs pneumatiques mais il est aussi plus cher (FERIC, 1989).

### ✓ Cas particulier de la corde vibrante

Il existe un autre modèle de cellules de charge dit à corde vibrante. Ce sont des plaques vissées entre le châssis et la superstructure. Ce type de balance est composé de trois éléments :

- Les cellules de charge en forme de plaque ;
- Le capteur inclinomètre. Il est monté horizontalement sur le châssis et sert à mesurer et à prendre en compte l'angle d'inclinaison du véhicule dans le calcul ;
- Le calculateur.

Concrètement, ce modèle de cellule est composé d'une corde vibrante accrochée à un diaphragme. Il s'agit d'une tige qui renferme une fine corde tendue, la variation de la force appliquée au capteur va entraîner un changement de fréquence et respectivement d'amplitude de la corde. Chaque fréquence correspond à une contrainte, cette information est convertie en signal électrique par l'intermédiaire d'une bobine électromagnétique. Le capteur est fixé au milieu de la barre de l'essieu muni d'une suspension mécanique, ce point de fixation correspond à une déformation maximale de l'essieu. La barre d'essieu est assimilée à une poutre fixée sur deux appuis simples et qui est soumise aux forces de suspension à gauche et à droite dont la somme est égale au poids par essieu (Kemoudj O., 2010).

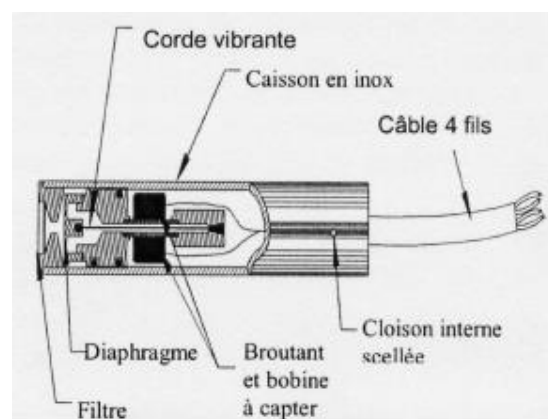


Figure 5 : Schéma d'un capteur à corde vibrante

### 4.2.3 L'approche mixte

Il est possible de combiner les deux technologies (jauge de contrainte et capteur de pression) afin de prendre en compte les caractéristiques techniques de l'ensemble routier ou les particularités d'une solution du marché.

La jauge de contrainte peut également se combiner aux capteurs pneumatiques. Il s'agit alors d'un système hybride. Les cellules de charge se positionnent sur le squelette d'attelage du tracteur alors que les capteurs pneumatiques sont installés sur les semi-remorques. Les cellules de charge peuvent également être montées à la fois sur le tracteur et le semi-remorque et être utilisables pour des véhicules à suspension mécanique. Ce système est plus facile à installer puisqu'il ne nécessiterait aucune modification de la structure de la semi-remorque.

Aussi, une autre manière d'approcher la typologie des systèmes de pesage est en fonction de la localisation des capteurs :

- Systèmes sur suspension
  - o Sur suspension mécanique : jauge de contrainte
  - o Sur suspension pneumatique : mesure de pression
- Système sur châssis : jauge de contrainte de type cellule de charge pour le tracteur et la semi-remorque (pesée sous sellette d'attelage + cellule de charge sur la semi-remorque).

### 4.3 Quelques brevets

Différentes techniques de pesage embarqué de poids lourds ont fait l'objet de brevets (Khemoudj O., 2010).

- Van Roden et al. (1967) ont développé un système de pesée pneumatique en disposant des valves dans le circuit pneumatique qui relie la source d'air comprimé au coussin d'air de la suspension. La pression des coussins d'air est mesurée puis convertie en unités de poids.

Pour les ensembles équipés également de suspension à lames, O'Dea (1995) a couplé le dispositif de Van Roden avec une mesure de débattement de la suspension. Ainsi, un capteur à potentiomètre mesure la distance entre le châssis et la barre d'essieu. Plus la charge est élevée, plus le débattement diminue. Un étalonnage permet de relier la mesure du débattement au poids.

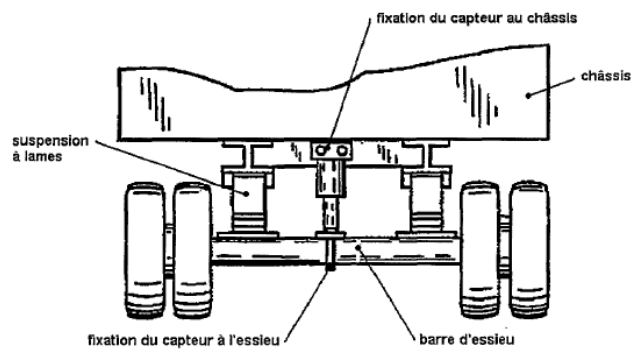


Figure 6 : Invention de O'Dea (1995)

- Tarter et al. (1995) propose un capteur de déformation utilisable pour les deux types de suspension : mécanique à lames et pneumatique. Pour les suspensions à lames, le capteur est fixé entre le point inférieur de la suspension à lames et le dispositif de fixation de l'essieu. Cet emplacement offre une forte contrainte lors du débattement de la suspension.

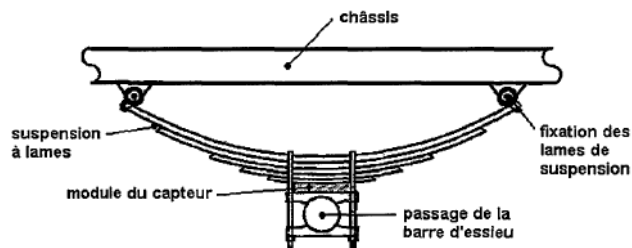


Figure 7 : Jauge de contrainte fixée sur la lame de suspension (Tarter et al)

Pour les suspensions pneumatiques, le capteur est positionné entre le coussin d'air et le châssis. Le capteur est un boîtier contenant des jauges de déformation. Les forces dues au poids du chargement sont traduites dans un signal qui est récupéré par un câble de sortie et connecté à un afficheur.

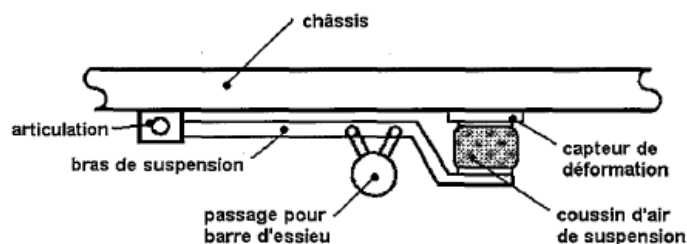


Figure 8 : Capteur de suspension pneumatique (Tarter et al.)

- Bradley (2000) : le dispositif est dédié aux véhicules articulés et basé sur des jauges de contrôle à l'avant de la semi-remorque sur la sellette d'assemblage et à l'arrière à chaque extrémité des barres d'essieu. L'afficheur de poids est également sur la semi-remorque. Les signaux de mesure arrivent tous dans deux boîtiers de multiplexage qui permet de sommer respectivement les charges appliquées sur les jauges à l'avant et à l'arrière de la semi-remorque. L'information des multiplexeurs est transmise à un afficheur donnant le poids total du chargement. Un capteur d'angle d'inclinaison situé au milieu de la longueur de la semi-remorque permet de corriger l'effet d'inclinaison sur les poids avant et arrière en ajustant les signaux de poids.

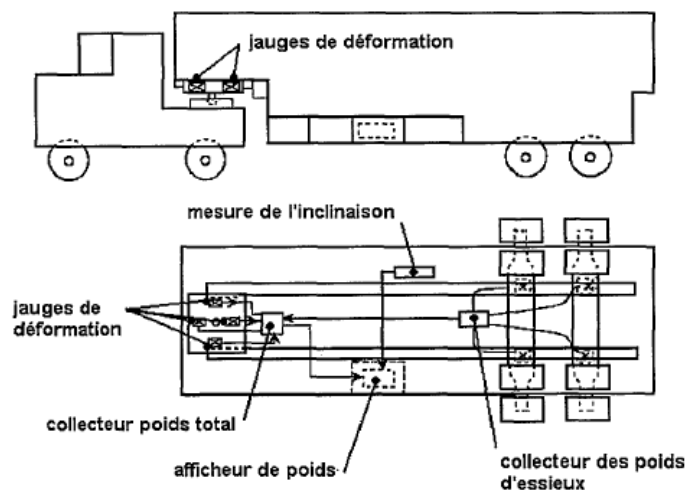


Figure 9 : Système de jauges de contraintes inventés par Bradley (2000)

Les méthodes décrites dans ces brevets ont été exploitées dans des solutions commercialisées. Ces solutions sont soit basées sur les jauges de déformation, soit basées sur les capteurs de pression. Les jauges de déformation sont utilisées sur des ensembles munis de suspensions mécaniques ou installées sur les sellettes ou les barres d'essieu des semi-remorques. Alors que les capteurs de pression sont installés sur des ensembles équipés de suspensions pneumatiques. Les capteurs de pression sont simples à installer par contre leur précision est légèrement inférieure à celle des jauges. Par ailleurs, l'installation de jauges peut s'avérer être plus complexe (Khemoudj O., 2010).

## 5. Description des principales solutions du marché

### 5.1 Solutions constructeurs sur suspensions pneumatiques

Ces solutions reposent sur l'exploitation du système EBS (système électronique de freinage) qui permet d'optimiser les forces de freinage d'un ensemble routier. En effet, 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 plusieurs 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.

EBS est l'abréviation de « Electronic Braking System ». C'est un système de freinage à commande électronique qui équipe le véhicule tracteur et la semi-remorque.

Un système de freinage pneumatique classique comporte 2 circuits de frein de service indépendants : le circuit pneumatique avant et le circuit pneumatique arrière.

Le système de freinage EBS ajoute un 3<sup>ème</sup> circuit de frein de service indépendant : le circuit de commande électronique avant et arrière.

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 véhicule, la charge sur les essieux (ainsi que d'autres paramètres comme l'usure des garnitures de freins) et 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.

Les bénéfices d'un dispositif E.B.S sont la sécurité (optimisation des distances d'arrêt, éviter la plongée au freinage, meilleure utilisation des freins), le confort (meilleur dosage) et la rentabilité (réduction des usures et du coût de maintenance).

Les semi-remorques équipées du système EBS sont connectées au véhicule tracteur au moyen d'une prise EBS et d'un cordon ISO7638. Ainsi, la demande de freinage du chauffeur est transmise par le tracteur pneumatiquement à la tête jaune de la semi-remorque, et électroniquement par la prise ISO 7638. La communication électrique des données de freinage entre un tracteur EBS et une remorque EBS est réglementée par la norme ISO 1199.

La valve relais d'urgence électronisée reçoit l'information pneumatique de freinage du chauffeur qu'elle transforme en information électrique pour la communiquer au calculateur EBS de la semi-remorque. Le calculateur intégré dans le module remorque EBS surveille la liaison ISO 7638 pour déterminer si le véhicule tracteur est équipé du système EBS. Si c'est le cas, il priorise la demande de freinage électrique arrivant du tracteur par le cordon ISO 7638 et ne tient pas compte des données transmises par la valve relais d'urgence.

Le dispositif EBS est vérifié lors des contrôles techniques poids lourds. Un point de vigilance dans le temps est le câblage. Aussi des solutions additionnelles existent pour vérifier la bonne connexion du câble EBS.

## 5.2 Solutions dédiées sur suspensions (pneumatiques et/ou mécaniques)

### 5.2.1 MaxTruck (ASCOREL)

La société Ascorel distribue la gamme MAX TRUCK, un système de pesage embarqué, sur suspensions, équipé d'un afficheur alphanumérique filaire (version Max Truck 2.0) ou wifi (version Max Truck WL) ou d'une application Android (version Max Truck T1). Le modèle T1 est préconisé aujourd'hui pour l'équipement d'un fond mouvant, il permet de s'affranchir d'un boîtier d'affichage.



Figure 10 : Afficheurs MaxTruck (source ASCOREL)

Ce dispositif est compatible pour des ensembles à suspension pneumatiques, mécaniques, mixtes. Il permet d'afficher le poids en temps réel ainsi que les poids du camion et de sa charge, de la charge seule, ou de la charge par essieu. L'affichage est dynamique en temps réel et évolue au fur et à mesure du chargement.

La gestion d'un nombre illimité de remorques est automatique (compatibilité entre son pupitre et toutes les remorques du parc équipé de la solution).

Pour obtenir une mesure fiable, il faut libérer le frein et enlever les béquilles. La précision annoncée par le distributeur est de 1 % à charge maximale avec des suspensions pneumatiques et 2 % si le tracteur est en mécanique et la semi-remorque en pneumatique.

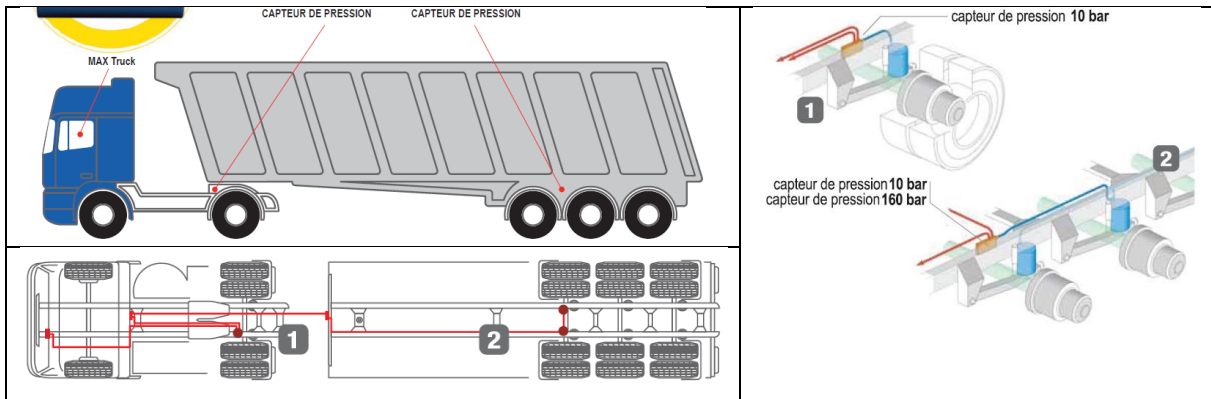


Figure 11 : Principe de fonctionnement de MaxTruck (source ASCOREL)

La solution T1 est également distribuée par l'entreprise belge AGIVA TECHNICS.

### 5.3 Adis+ et EVO+ (DERISYS)

La société Derisys propose le système de pesage ADIS+ pour poids-lourds basé sur une mesure sur essieu ou groupe d'essieu en suspension pneumatique (capteur de pression) ou mécanique (capteur d'affaissement de suspension avec compensation de température puisqu'un véhicule est plus bas en été qu'en hiver ou capteur de déformation). La mesure relève le poids brut / net / par essieu, et en temps réel lors du chargement.



La solution EVO+ est une évolution dans un boîtier mobile, rechargeable avec une prise USB, une connexion radio avec les capteurs, une connexion Bluetooth avec l'imprimante et la possibilité d'exporter les données ainsi que l'historisation des données. EVO+ permet de greffer des services additionnels (contrôle de la pression des pneus, contrôle du bâchage...).

Une reconnaissance automatique lors du changement de remorque est intégrée.



Figure 12 : Boîtier Adis+ (image dans le texte) et EVO+ (ci-dessus), imprimante Bluetooth (source DERISYS)

La technologie Dualsensor apporte un gain de temps au chargement et de précision (pas de perte de temps au chargement, calcul poids instantané, améliore la précision au chargement en dévers). L'utilisation de double capteurs gauche / droite pour le tracteur et la semi-remorque est préférable.

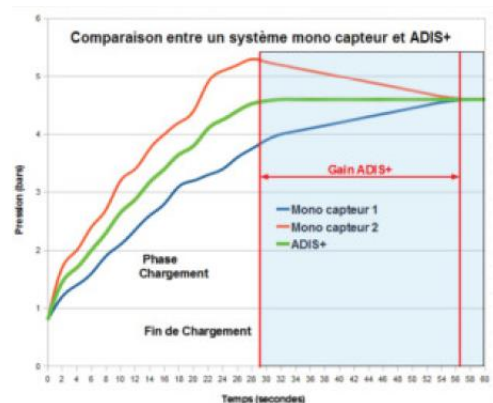


Figure 13 : Valeur ajoutée d'un dispositif à 2 capteurs (source DERISYS)

#### 5.3.1 KiLoad et Sentinel (Cléral)

L'entreprise québécoise Cléral propose le système embarqué KiLoad (en mode filaire et donc plutôt préconisé pour un véhicule porteur) et distribue également la solution sans-fil Sentinel (préconisée pour les semi-remorques). Ces solutions sont connectées à des capteurs sur suspensions pneumatiques ou mécaniques). Pour les suspensions mécaniques, le capteur utilisé est un capteur de déformation à cordes vibrantes. Le capteur est fixé au milieu de la barre de l'essieu muni d'une suspension mécanique, ce point de fixation correspond à une déformation maximale de l'essieu.

La société Aéro Pesage Pro distribue cette solution en France.





Figure 14 : Solutions KiLoad et Sentinel (Source Cléral)

### 5.3.2 TrueLoad (VEI, Servited)

Le système TrueLoad de l'entreprise italienne VEI est une solution de pesage sur suspensions (mécaniques ou pneumatiques). Elle est distribuée en France par l'entreprise SERVITED. Elle comprend un boîtier d'affichage installé dans la cabine et qui permet également le paramétrage, le calibrage et les fonctions de diagnostics. Le tonnage par essieu ainsi que le tonnage total net et brut sont disponibles. La technologie est brevetée. La précision annoncée de pesage est supérieure à 2.5 % sur poids brut maximum (pour une utilisation des capacités de 90 à 110 %).

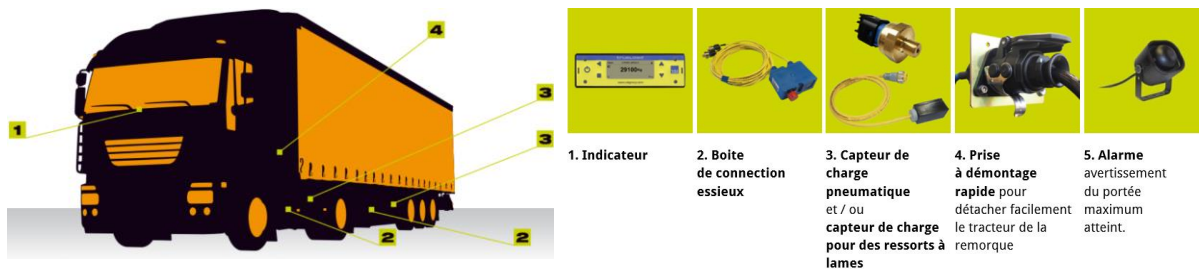


Figure 15 : Composantes du système TrueLoad (source VEI)

Sur suspension mécanique des capteurs de charge sur essieu mesurent la déformation de la suspension. Les capteurs sont collés pour un montage facile. Chaque essieu à lame est équipé d'une paire de capteurs de charges. Sur suspension pneumatique des transducteurs à ressort pneumatique ont été brevetés. Les groupes d'essieux à suspension pneumatique comprennent un transducteur pneumatique et une interface. Utilisation d'un transducteur simple pour plusieurs essieux reliés au même circuit d'alimentation en air. Utilisation d'un transducteur double en cas de contrôle indépendant de la pression du côté gauche et du côté droit.



Figure 16 : Capteur mécanique (gauche) et capteurs pneumatiques utilisés (Source VEI)

Les capteurs de charge sur essieu sont reliés à l'afficheur par des boîtiers de raccordement CAN.

### 5.3.3 Kimax (Sense-Tech)

La solution Kimax de l'entreprise danoise Sense-Tech est une solution complète de pesée embarquée compatible avec les suspensions mécaniques, pneumatiques ou mixtes. Elle gère les permutations de semi-remorques.

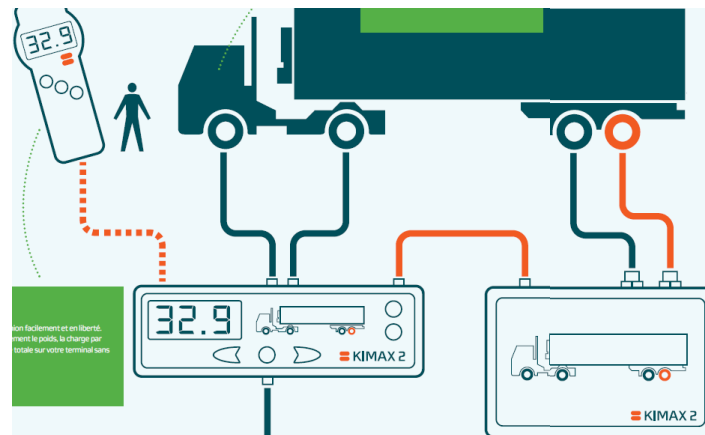


Figure 17 : Schéma synthétique de la solution Kimax (source Sense-Tech)

Classiquement, pour tous les systèmes pneumatiques, la pression de l'air mesurée est proportionnelle à la charge sur l'essieu. L'étalonnage consiste à construire la droite de corrélation en fonction de 2 points extrêmes (poids à vide et poids au maximum de charge).

Pour les suspensions à lame, la corrélation linéaire entre la déformation de la lame et la charge des essieux est utilisée ;

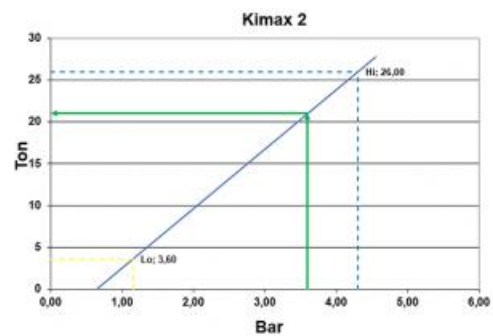


Figure 18 : Exemple de droite de corrélation entre la valeur du capteur et le tonnage (source Sense-Tech)

Une valve de niveau permet de maintenir le châssis à une hauteur constante par rapport au sol en régulant la pression d'air dans les soufflets en fonction de la charge du véhicule.

Selon les véhicules, il peut y avoir 1 ou 2 circuits pneumatiques indépendants par essieu ou groupes d'essieux.

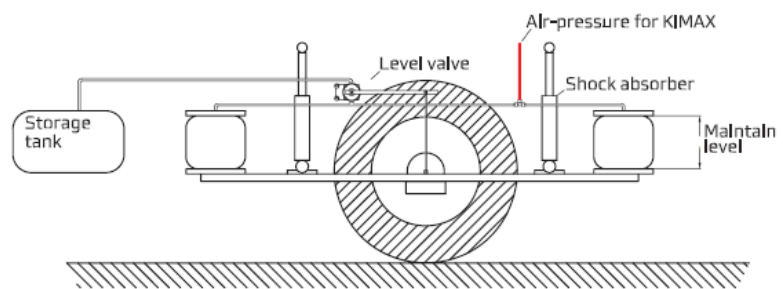


Figure 19 : Exemple de capteur de pression (gauche) et de son fonctionnement avec la valve de niveau (droite) : source Sense-Tech

Configuration à une entrée d'air : La mesure est effectuée que d'un côté de l'essieu. La pression de l'air est égale entre les différents soufflets et correspond à une pression moyenne représentative de la charge à l'essieu globale. Ce système est le plus économique mais le moins précis.

Configuration à deux entrées d'air : La pression à droite d'un essieu et celle à gauche sont mesurées séparément et la moyenne est effectuée au niveau du boîtier. Cette configuration apporte une meilleure précision quand la charge n'est pas également répartie ou en cas de légère pente.

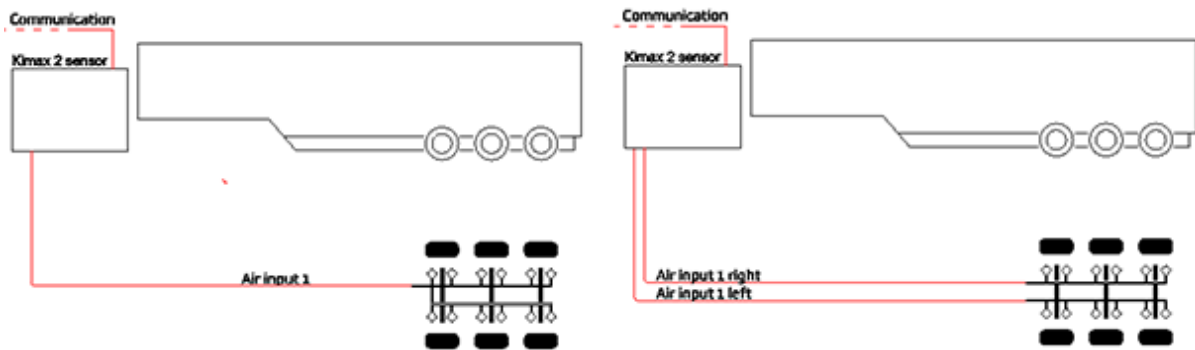


Figure 20 : Système à une entrée d'air (gauche) et système à 2 entrées d'air (droite) : source Sense-Tech

Le capteur SG est utilisé dans le cas d'une suspension mécanique à lames. Il est collé directement au centre de l'essieu et mesure l'effort sur la traverse.

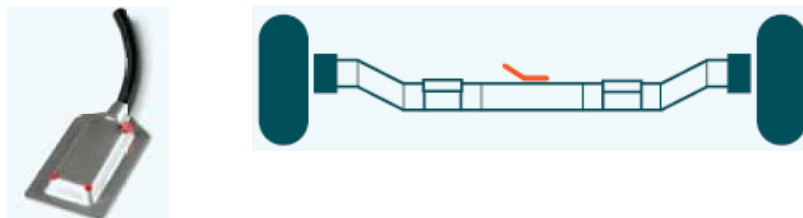


Figure 21 : Exemple de capteur utilisé sur une suspension mécanique (source Sense-Tech)

### 5.3.4 LoadMaxx (Air Weigh)

La société américaine Air Weigh commercialise le système LoadMaxx pour poids-lourds. Il n'y a pas de distributeur en France mais en Espagne et au Royaume Uni

LoadMaxx fonctionne sur les ensembles équipés de suspensions pneumatiques ou mécaniques. Les capteurs d'air mesurent la pression dans les airbags et les capteurs de déviation mesurent la flexion des essieux pour des suspensions mécaniques. Le système de pesage commercialisé par AirWeigh convertit la pression des suspensions pneumatiques du tracteur et de la remorque en unité de poids. Plus il y a de charge sur le poids lourd, plus grande est la pression d'air requise pour maintenir la hauteur de roulement du véhicule. Les charges sur chacun des essieux sont affichées sur un boîtier dans la cabine. Lorsque le tracteur est attelé à une remorque pré-équipée, le poids par essieu de la remorque, le poids total et la charge utile sont affichés.

Un affichage sur écran en cabine ou sur smartphone est possible.



Figure 22 : Écrans d'affichage ou application smartphone (source AirWeigh)

Lorsqu'il est correctement calibré et utilisé, LoadMaxx est précis à moins de 300 kg sur chaque groupe d'essieux d'après le constructeur.

## 5.4 Cellules de charge

Plusieurs entreprises sont spécialisées dans la technologie des cellules de charge. Dans la filière bois, ce système est plutôt utilisé pour les ensembles qui transportent des bois ronds. La précision est meilleure que les capteurs sur les suspensions (de l'ordre de 100 kg). Il n'est pas développé pour les fonds mouvants mais il est techniquement possible de le mettre en œuvre toutefois à un coût qui semble disproportionné par rapport au marché de la plaquette. En effet, ce système est beaucoup plus contraignant à installer. Ainsi, la présentation de quelques systèmes est donnée à titre indicatif.

Des cellules de charge sont spécifiquement développées pour les sellettes d'attelage.

Il s'agit d'intercaler une jauge de contrainte fonctionnant en compression entre la sellette de chargement et le plan de pose. Comme pour toute cellule de charge, une modification de l'existant est nécessaire pour installer les cellules sous la sellette.

Le temps d'immobilisation pour l'installation est de 2 jours minimum.

En fonction du constructeur, il existe différents types de sellette dont trois plus connues : Holland (SAF Holland, Allemagne) Fontaine (Fontaine Fifth Wheel, Etats-Unis), Jost (Jost International, USA).



Figure 23 : Cellules de charge sur sellette (source : OnboardWeighingSolution)

### 5.4.1 Cellules de pesage Moba

L'entreprise MOBA commercialise des cellules de pesage utilisées principalement sur les segments de marché agriculture, terrassement minière, construction routière et gestion des déchets. La connexion utilise le CAN-BUS du camion. L'entreprise propose des solutions clé en main comprenant intégrant le boîtier d'affichage ou un ordinateur de bord, capteur de force, capteur d'inclinaison. Son savoir-faire est reconnu et son entité MOBA France peut être sollicitée si besoin.



Figure 24 : Cellule de pesage Moba (source MOBA)

### 5.4.2 Logger System (Vishaypg)

La société américaine Vishaypg développe des systèmes de pesée basés sur des cellules de charge. Ce système utilise des capteurs de cisaillement en acier pour le tracteur et la remorque avec plusieurs versions selon le domaine d'utilisation. La précision de ces dispositifs est de l'ordre de 1 %.



Figure 25 : Logger system (source VISHAY Precision Group)

### 5.4.3 Pacific Northwest Technologies

Pacific Northwest Technologies fabrique également des cellules de charges utilisées dans le transport forestier. Elle propose différents modèles en fonction du poids maximal du chargement. Le boîtier PNT

500 permet l'affichage Pour information, cette entreprise commercialise également des capteurs de pression d'air. Il n'y a pas de représentant en Europe.



Modèle 1523  
Capacité : 6,8 t



Modèle 2623  
Capacité : 5,6 t

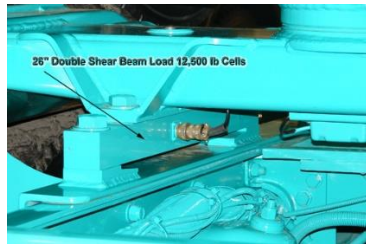


Figure 26 : Cellules de charge de Pacific Northwest Technologies et boîtier d'affichage (source PNTINC)

#### 5.4.4 Vulcan On-Board Scales

La société américaine Vulcan Scales développe des jauges de contraintes pour des pesées sous sellette pour le marché nord-américain de transport de bois ronds et pour différents types d'ensembles. La solution s'appelle Logger Scale System V300 Electronics. Elle commercialise aussi des solutions sur suspensions et selon les configurations peut proposer une solution mixte basée sur des jauges de contrainte au niveau de la sellette et des capteurs de pression à l'arrière de la semi-remorque.

Il semble qu'en 2016, VPG ait racheté la marque Vulcan Onboard Scales vue précédemment et commercialise depuis ses produits.

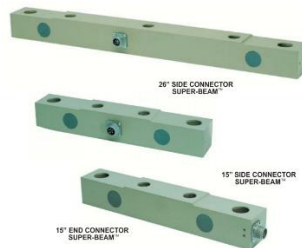
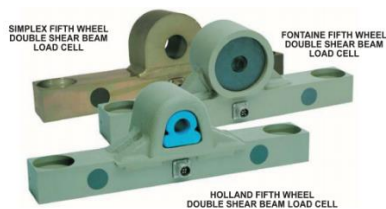


Figure 27 : Exemples de jauges de contraintes (à gauche et au centre) et de capteur de pression à droite (source Vulcan Scales)

## 6. Analyse des solutions, motivation de la solution à privilégier et réflexion sur la suite du projet

### 6.1 Analyse des solutions du marché

Aujourd'hui, deux familles d'équipements sont possibles pour obtenir le tonnage d'un ensemble routier et/ou de son chargement. D'une part l'ajout à l'ensemble routier d'un équipement spécifique, on parlera de « solution dédiée » par opposition d'autre part, à des équipements d'origine dans les camions et qui exploitent / dérivent à des fins de contrôle de tonnage les dernières évolutions du système électronique de freinage ; on parlera de « solution constructeur ».

#### ✓ Analyse des solutions dédiées

Les solutions dédiées existent depuis de nombreuses années et se sont perfectionnées. D'un point de vue technologique, on distingue les capteurs de pression sur la suspension pneumatique et les jauges de contrainte (jauges de déformation ou cellules de charges). D'un point de vue équipement, on distingue les systèmes sur suspension : jauge de contrainte pour les suspensions mécaniques à lames et capteurs de pression d'air pour les suspensions pneumatiques.

- Cas des cellules de charge

L'utilisation des cellules de charge au niveau de la sellette d'attelage de la semi-remorque ou du châssis impose une intervention lourde et délicate. C'est pourquoi cette technologie n'est pas développée pour les fonds mouvants. Sa mise en œuvre nécessiterait une étude préalable au cas par cas car c'est une solution structurelle et tous les efforts mécaniques sur la route sont encaissés par les cellules. De plus son installation consisterait à désolidariser la caisse du châssis, c'est-à-dire intervenir au niveau de la sellette pour positionner les capteurs (4 capteurs) ainsi qu'au niveau du carrossage de la semi-remorque pour ajouter des capteurs entre le châssis au niveau du tridem arrière et la caisse (6 capteurs). Cette intervention surélèverait la caisse du fond mouvant et modifierait le centre de gravité défini par les constructeurs de semi-remorques. Ce type d'équipement ne serait envisageable que lors de l'acquisition d'un ensemble neuf du fait de l'immobilisation du véhicule. Le coût serait approximativement de 30 k€. En revanche il serait plus précis qu'avec les capteurs de pression.

Cette solution n'est pas investiguée davantage et n'est pas à privilégier, a priori, étant donné les multiples contraintes : coût, faisabilité technique, immobilisation du véhicule et perte d'exploitation (installation, réparation).

- Cas des capteurs sur les suspensions

Le chapitre 6 montre qu'il existe beaucoup de solutions dédiées, sur suspension, sur le marché. En règle générale, ces solutions sont compatibles avec la diversité des configurations des ensembles routiers. En effet, plusieurs types de capteurs sont proposés pour équiper des suspensions pneumatiques ou des suspensions mécaniques. Dans le cas des fonds mouvants, les suspensions de la semi-remorque et de l'essieu arrière (moteur) du tracteur sont pneumatiques. L'essieu avant du tracteur n'est jamais équipé car sur un véhicule articulé le point d'appui est toujours le même (la sellette et son inclinaison) et l'essieu avant est géré de manière virtuelle par le calculateur. L'instrumentation de l'essieu avant est réalisée dans le cas de véhicule porteur de type camion et qui pourrait être utilisé pour le transport de plaquettes avec une benne, mais on sort du cadre d'une semi-remorque fond mouvant objet de l'étude.

Il n'est pas nécessaire d'équiper chaque côté d'essieu d'un capteur de pression. En effet, les suspensions sont reliées par file de roues. En revanche, il est préférable en termes de précision, et de rapidité de mesure d'utiliser deux capteurs de pression d'air afin d'avoir une mesure à droite et une à gauche. Toutefois cela ne dépend pas de la solution achetée (toutes le proposent) mais de la conception de la semi-remorque (1 ou 2 circuits d'air indépendants).

Du point de vue technique et fonctionnel, les différentes solutions du marché sont assez comparables. Certaines se distinguent par la possibilité de s'affranchir d'un boîtier d'affichage (et donc de son coût, environ 300€) en utilisant une application Android sur le smartphone du chauffeur. Des modules radios déportés sont aussi proposés par certains pour connaître l'évolution du poids au fur et à mesure du chargement sans être dans la cabine du tracteur. Cette option peut être intéressante pour permettre à l'opérateur de déchargement de suivre le poids.

### ✓ Solutions constructeurs

Elles utilisent la même technologie que les solutions dédiées sur suspension pneumatique : le capteur de pression d'air sur le circuit de suspension.

La différence est qu'elles sont intégrées d'origine (en série) par le constructeur et donc disponibles lors de l'achat du tracteur ou de la semi-remorque. Comme vu précédemment, ces solutions reposent sur l'exploitation du système EBS (système électronique de freinage) qui permet d'optimiser les forces de freinage d'un ensemble routier. En effet, EBS a besoin de la connaissance de la charge à l'essieu pour fonctionner. La mesure est alors détournée de sa fonction première pour valoriser aussi l'information de tonnage à des fins de contrôle de charge par le chauffeur. Cette technologie équipe les ensembles routiers depuis plusieurs 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.

Scania a été le premier à proposer le service. Depuis d'autres le proposent comme DAF, VOLVO et il est en train de se généraliser.

La difficulté est que l'offre reste très floue, c'est-à-dire qu'il est très difficile d'obtenir des précisions techniques ou de trouver le bon interlocuteur chez un constructeur. En effet, les concessionnaires en France valorisent ce service sans maîtriser l'expertise sur le pesage, ni la technologie instrumentée. Ces derniers se couvrent derrière le discours du caractère approximatif de l'information faute de pouvoir transmettre plus d'information.

### ✓ Solution dédiée versus solution constructeur

On observe une tendance à la convergence des solutions constructeurs et des solutions dédiées au pesage embarqué. En effet, les constructeurs ont greffé sur l'ordinateur de bord (véritable plateforme de services numériques du tracteur connectée à de multiples capteurs) le service de contrôle de charge à l'essieu en plus du contrôle de la pression des pneus, température, géolocalisation... De l'autre côté, les vendeurs de solutions dédiées au pesage proposent des services étendus en connectant d'autres capteurs (pression de pneus, contrôle du bâchage...).

Cependant, le « pesage » est un métier et ne se limite pas à un équipement. En cas de problème, il faut être en capacité de réaliser une expertise et d'intégrer les paramètres directs ou indirects qui peuvent être à l'origine d'une mesure erronée. Ce n'est pas qu'un problème capteur de pression. A défaut d'expertise par le constructeur, cette expertise est soit à acquérir par l'entreprise soit à bénéficier avec une solution dédiée.

En outre, les solutions des constructeurs ont un périmètre fonctionnel plus restreint. Il n'y a pas de mémoire de stockage de l'information, ni d'impression ticket possible (certaines solutions dédiées n'ont pas de mémoire également mais toutes proposent un périphérique d'impression). De plus, les solutions des constructeurs ne permettent pas de gérer automatiquement un parc de remorques et des rotations pour un tracteur. Si le chauffeur change, il faut refaire un paramétrage ou travailler de manière relative. Il faut une remorque compatible, l'information de tonnage est en cabine uniquement sans visibilité possible depuis l'extérieur.

La solution d'un constructeur ne peut pas être démontée pour être mise sur un nouveau camion (solution intrinsèque à un camion). Certains avancent que les capteurs des solutions dédiées sont plus précis (millibars contre 0.1 bars). Ce point n'a toutefois pas été vérifié, il est très difficile d'obtenir ces informations.

L'aide à l'étalonnage ou l'utilisation est plus compliquée voire inexistante dans certains cas.

En revanche les solutions des constructeurs ont l'avantage d'être intégrées et de reposer sur des groupes industriels puissants pour évoluer si la demande est identifiée, priorisée ou en fonction de la concurrence entre les constructeurs sur la thématique.

Nous souhaitons attirer l'attention sur un problème de sémantique. Quelle que soit la solution, il serait préférable de parler de « contrôle de charge » ou « d'aide à la conduite pour optimiser le chargement » plutôt que de pesage ou de pesage embarqué.

La précision de 1% qui semble faire consensus ne s'applique qu'en charge maximale (elle n'est pas obtenue à mi charge). C'est bien de ce fait qu'il ne faudrait pas parler de système de pesée qui fait référence à une balance dont la précision est équivalente quelle que soit la charge pour un intervalle donné. Le terme contrôle de charge est plus approprié.

Les sources d'erreur ne sont pas dues aux capteurs eux-mêmes mais plutôt aux conditions dans lesquelles se fait la pesée. Par exemple, les coussins d'air opèrent dans des pressions allant de 3 à 4 bars (la caractéristique pression-poids y est quasi-linéaire). Charger 20 tonnes sur un tridem peut prendre plusieurs minutes avant la stabilisation de la mesure. Un certain nombre de vérifications doivent se faire pour augmenter la précision de tels systèmes, entre autres s'assurer que le circuit pneumatique fonctionne correctement et éviter de peser sur un terrain en pente. Une vérification régulière de l'ajustement des capteurs est également nécessaire (Khemoudj O., 2010).

L'opérateur a donc un rôle très important dans la mesure. Les règles de base sont :

- Etre à plat, moteur tournant, frein lâché (sauf pour les tracteurs de marque Volvo dont le frein de parc ne freine pas la semi-remorque), tous les essieux au sol, pas de fuite d'air (des valeurs instables peuvent être dues à une fuite d'air et pas à un mauvais fonctionnement de la solution), matériel bien entretenu (la solution de pesée est le reflet de la configuration d'origine).  
Une pente de côté a moins d'effet car avec les 2 capteurs, l'écart sera pris en compte.  
La pente longitudinale est plus problématique car d'une part il faut lâcher le frein et d'autre part il peut y avoir une incidence sur l'essieu avant.

- La présence d'un essieu relevable n'est pas un problème, il faut juste forcer l'essieu pour qu'il reste au sol lors de l'étalonnage à vide.
- Il est important de former une personne dans l'entreprise qui maîtrise le pesage, soit le référent et dispense les bonnes pratiques.

La technologie utilisée sur banc d'essai contrôlé est précise mais en condition réelle il y a des dégradations du fait du véhicule et des conditions du terrain.

La précision acceptable pour les solutions dédiées est d'environ 1 % d'erreur soit – 300 kg. Il n'est pas raisonnable d'espérer mieux. Toutefois cette précision est obtenue sur le chargement maximal (à mi charge cette précision n'est pas assurée).

Pour les solutions des constructeurs, les retours d'expérience divergent mais pour certains les résultats semblent bons et assez équivalents aux solutions dédiées. Ce point reste à confirmer.

### ✓ Etalonnage

Le premier étalonnage s'effectue sur un pont bascule compatible. Il ne faut pas de rampe de montage qui mettrait la remorque dans la pente et tirerait le tracteur au moment de la pesée du tracteur. Il faut utiliser une bascule plate.

Le réétalonnage se justifie après remplacement d'un organe mécanique ou pneumatique, ou lorsque le poids à vide a été modifié ou lors du changement d'un coussin d'air (même si dans ce cas, ce n'est pas toujours obligatoire, tout dépend du véhicule).

L'avantage du transport de plaquettes est que le passage sur pont bascule est très fréquent (pratiquement à chaque voyage) et il est donc facile de contrôler et ajuster la valeur. Certains utilisateurs fonctionnent de manière relative et ajustent le tonnage affiché par expérience.

L'étalonnage consiste à réaliser plusieurs passages sur pont bascule à vide et en charge avec plusieurs modalités de pesée pour identifier les poids tracteur, semi-remorque indépendamment. Il est difficile de bien séparer les mesures depuis un pont bascule et prendre le bon poids.

Il est rare que le poids tracteur seul et le poids remorque seule donne le poids total. Des corrections sont à effectuer et en-dessous de 50 kg il est inutile de chercher à corriger.

Rappel des contraintes de la métrologie légale pour la détermination de la masse pour les transactions commerciales à partir d'instruments de pesage à fonctionnement automatique (Décret 2001-387 du 3 mai 2001).

Obligations des utilisateurs :

- Dès sa mise en service, chaque instrument doit être accompagné, au lieu d'utilisation, d'un carnet métrologique, sur lequel sont portées les informations relatives à l'identification de l'instrument et de ses dispositifs complémentaires, aux contrôles métrologiques, aux entretiens, aux réparations et aux modifications de l'instrument et, si applicable, de son installation.
- Les instruments doivent être installés correctement et conformément aux dispositions particulières d'installation fixées dans leur certificat d'examen de type et le cas échéant dans leur certificat de vérification de l'installation. Ils doivent être utilisés conformément à leur destination et à leurs conditions réglementaires d'utilisation.
- Veiller au bon entretien de leurs instruments et faire effectuer les contrôles en service prévus par le présent arrêté en respectant la périodicité réglementaire.
- Veiller au bon fonctionnement, à la conformité réglementaire et à la disponibilité des instruments de contrôle et, si applicable, les supports de poids et masses -étalons amovibles exigés par la réalisation des contrôles.
- S'assurer du bon état réglementaire de leurs instruments et de leurs installations, notamment du maintien de l'intégrité des scellements, des inscriptions et marquages réglementaires.
- Veiller à l'intégrité du carnet métrologique et, si applicable, du certificat de vérification de l'installation.
- Veiller à ce que les organismes de vérification, les réparateurs et, si applicable, les installateurs remplissent le carnet métrologique et tenir celui-ci à la disposition des agents de l'Etat.
- Les utilisateurs doivent mettre hors service les instruments non conformes. Cette mise hors service doit être clairement matérialisée sur l'instrument.

Quel que soit le système embarqué (solution dédiée, solution constructeur) aucun n'est homologué pour une utilisation dans une transaction commerciale. Les entretiens réalisés convergent vers un coût approximatif de 15 à 20 k€ par ensemble pour aller vers l'homologation. En effet, il faudrait être en mesure d'interdire la pesée si les conditions ne sont pas optimales ou faire une correction. Or beaucoup de



paramètres sont à contrôler (à plat, ne pas pouvoir modifier le réglage des suspensions, garantir la pression des pneus...). L'homologation nécessite également une vérification tous les 6 mois.

Du point de vue du prix, pour les solutions dédiées, ils sont assez comparables entre 1 500 et 2 000 € par kit sachant que 2 kits sont nécessaires. Il n'y a pas de frais de maintenance.

Pour les solutions des constructeurs, il n'a pas été possible d'obtenir un prix. L'acquisition est intégrée dans l'offre d'achat avec toutes ses options possibles et la négociation commerciale au cas par cas.

Enfin, à côté du volet technique, le choix d'une solution doit également être réfléchi en fonction des paramètres qualitatifs suivants :

- Taille de l'entreprise
- Réseau de distribution et proximité
- Service de maintenance

Des différences significatives sont observées, certaines solutions intéressantes techniquement n'ayant pas de distributeurs en France.

## **6.2 Motivation de la solution à privilégier et réflexion sur la suite du projet**

Les solutions identifiées dans le document sont comparées sur base de plusieurs critères.

Les critères utilisés sont :

- La proximité du vendeur de la solution et en particulier la présence d'une implantation en France
- La taille de l'entreprise
- L'expertise métier sur le pesage
- La possibilité de disposer de la solution en première monte, c'est-à-dire sans que le client ait à faire l'installation lui-même
- La facilité d'installation
- Le degré d'intégration au véhicule
- Le niveau de standardisation
- La possibilité de s'affranchir de l'achat d'un boîtier supplémentaire dans la cabine
- La possibilité de disposer de l'information en mode déportée (c'est-à-dire hors de la cabine)
- La possibilité d'imprimer
- La gestion automatique des rotations de semi-remorque
- La précision de la technologie
- La possibilité de réutiliser la solution sur un nouvel ensemble routier
- Le coût de la solution.

D'autres paramètres sont également importants : 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.

Une note est attribuée à chaque critère :

- 2 = oui complètement
- 1 = oui dans certaines conditions
- 0 = non

Le tableau ci-dessous synthétise pour les différentes solutions les notes de chaque critère.

Type	Solution	Proximité (Implantation en France)	Taille du fournisseur	Expertise pesage	Disponible en 1ère monte	Facilité d'installation	Degré d'intégration au véhicule	Recherche de standardisation	S'affranchir de l'achat d'un boîtier	Boîtier déporté possible	Imprimante	Gestion rotation semi	Précision	Réutilisable	Coût	Total
Constructeur		2	2	1	2	2	2	2	2	0	0	1	1	0	2	19
Sur suspension	MaxTruckT1 (Ascorel)	2	1	2	1	1	1	1	2	2	2	2	1	2	1	21
	Evo+ (Derisys)	2	1	2	1	1	1	0	2	2	2	2	1	2	1	20
	Sentinel (Cleral)	1	1	2	0	1	1	0	2	2	2	2	1	2	1	18
	TrueLoad (VEI)	1	1	2	0	1	1	0	0	0	2	2	1	2	1	14
	Kimax (Sense-Tech)	0	1	2	0	1	1	0	0	0	2	2	1	2	1	13
	LoadMaxx (Air Weigh)	0	1	2	0	1	1	0	2	2	2	2	1	2	1	17
Cellule charge	Moba	2	1	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	0	12
	Logger / PNTINC / Vulcan	0	1	2	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	0	10

Tableau 1 : Evaluation des solutions

Il ressort que 3 solutions se démarquent.

En effet, les solutions sur suspension T1 d'Ascorel et Evo+ de Derisys sont très complètes et assez comparables techniquement. Ce sont deux acteurs reconnus et qui font la différence en termes de service après-vente. T1 a la dimension Android en plus qui donne la possibilité d'interopérabilité. Elle s'appuie également sur une entreprise de plus grande taille.

Les solutions des constructeurs par leur niveau d'intégration dans les véhicules et de standardisation sont une vraie nouveauté qui ne peut que faciliter le déploiement et l'adoption. Mais l'offre est assez floue.

Les solutions des constructeurs n'avaient pas été identifiées lors du montage et dépôt du projet. Ce n'est que récemment et de manière très confidentielle qu'elles commencent à se déployer. Cependant force est de constater que cela a une incidence sur le contenu du projet et sa pertinence. Il est important de redéfinir et partager les tâches à réaliser compte tenu de cet état de l'art.

Initialement, cet état de l'art devait servir à identifier la solution à privilégier pour le projet. Le projet avait pour finalité de développer, tester et valoriser un dispositif de pesée embarquée.

Suite aux discussions avec les partenaires, le projet garde sa pertinence pour la fiabilisation de la relation client / fournisseur et pour éviter des trajets supplémentaires ou des allongements de trajet. Toutefois, il convient de :

- Investiguer d'avantage les solutions constructeurs en contactant par exemple les maisons mères, en faisant remonter les besoins d'évolution des utilisateurs, en recherchant la précision des capteurs utilisés et surtout en essayant d'obtenir de la visibilité sur les évolutions en terme de communication de la donnée, d'enregistrement, d'impression d'un ticket, de la faisabilité d'un écran déporté ainsi que de la rétroactivité possible avec des tracteurs existants...
- Réaliser des tests comparatifs entre solution dédiée (Ascorel) et solution constructeur (DAF et/ou Scania...) pour autant qu'une solution constructeur donne de la visibilité par rapport aux enjeux du projet
- Rédiger et diffuser des supports de bonnes pratiques, tant l'opérateur à un rôle important dans la fiabilité de la donnée.

## 7. Conclusion

Ce document correspond à la tâche initiale du projet PESONS. Son objectif est de réaliser un état de l'art des technologies, disponibles sur le marché pour le pesage embarqué d'un ensemble routier de type semi-remorque à fond mouvant.

La pesée embarquée est par définition l'obtention d'une information de tonnage à l'aide d'un dispositif embarqué dans le véhicule. L'intérêt d'un tel dispositif est de resserrer les écarts de charges des tournées autour de la valeur moyenne et donc d'optimiser les livraisons.

Les « fonds mouvants » sont des véhicules articulés composés d'un véhicule tracteur sur lequel est attelé une semi-remorque équipée d'une caisse à fond mouvant. L'essieu arrière du tracteur ainsi que les 3 essieux de la semi-remorque sont en principe équipés de suspensions pneumatiques.

La pesée embarquée consiste à mesurer la déformation mécanique de constituants structurels d'un véhicule sous l'effet d'un chargement. Deux principales technologies sont utilisées : la mesure de pression et la jauge de contrainte.

La première consiste en une mesure de la pression dans le circuit pneumatique des amortisseurs de l'ensemble routier. 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. La caractéristique entre le poids suspendu par roue et la pression est supposée linéaire. Pour ce type de dispositif, des capteurs sont installés sur les suspensions pneumatiques. Deux cas sont possibles :

- Soit les capteurs sont ajoutés à la configuration d'origine de l'ensemble et on parlera de solution de pesée dédiée ;
- Soit les capteurs sont d'origine, montés en série c'est-à-dire sans avoir à ajouter un équipement à la configuration constructeur et on parlera de solutions de pesée d'un constructeur.

La jauge de contrainte consiste quant à elle à mesurer la déformation d'une pièce sous le poids de la charge. Cette mesure, effectuée par une jauge de déformation (ou "jauge de contrainte"), est ensuite traduite en poids de la charge. C'est par exemple l'implantation de cellules de pesage (jauge de déformation) sur la sellette du tracteur ou sur les suspensions mécaniques à lames ou sur le châssis de la semi-remorque.

Les trois principales solutions du marché sont décrites.

- Les solutions des constructeurs sur suspension pneumatique reposent sur l'exploitation du système EBS (système électronique de freinage) qui permet d'optimiser les forces de freinage d'un ensemble routier. En effet, 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 de tonnage au chauffeur. Cette technologie équipe les ensembles routiers depuis plusieurs 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. La semi-remorque doit cependant être compatible et disposer d'une prise EBS (ISO 7638). La communication électrique des données de freinage entre un tracteur EBS et une remorque EBS est réglementée par la norme ISO 1199. La difficulté est que l'offre reste floue c'est-à-dire qu'il est difficile d'obtenir des précisions techniques ou de trouver le bon interlocuteur chez un constructeur. En effet, les concessionnaires en France valorisent ce service sans maîtriser l'expertise sur le pesage, ni la technologie instrumentée. Ces derniers se couvrent derrière le discours du caractère approximatif de l'information faute de pouvoir transmettre plus d'information.
- Les solutions dédiées sur suspensions (pneumatiques et/ou mécaniques) identifiées sont : MaxTruck T1 d'Ascorel, EVO+ de Derisys, Sentinel de Cléral, TrueLoad de VEI (distribution Servited), Kimax de Sense-Tech, LoadMaxx d'Air Weigh. Il n'est pas nécessaire d'équiper chaque côté d'essieu d'un capteur de pression. En revanche, il est préférable en termes de précision, et de rapidité de mesure d'utiliser deux capteurs de pression d'air afin d'avoir une mesure à droite et une à gauche. Du point de vue technique et fonctionnel, les différentes solutions du marché sont assez comparables.
- Concernant les cellules de charges : Moba, Logger System de Vishaypg, Pacific Northwest Technologies, Vulcan scales. L'utilisation des cellules de charge au niveau de la sellette d'attelage ou du châssis impose une intervention lourde et délicate. Sa mise en œuvre nécessiterait une étude préalable au cas par cas car c'est une solution structurelle. Bien que plus précise que les capteurs de pression, cette solution n'est pas investiguée davantage et n'est pas à privilégier, a priori, étant donné les multiples contraintes : coût, faisabilité technique, immobilisation du véhicule et perte d'exploitation (installation, réparation).

Solutions constructeurs et solutions dédiées sur suspension pneumatique sont assez comparables. Toutefois, le « pesage » ne se limite pas à un équipement. En cas de problème, il faut être en capacité de réaliser une expertise et d'intégrer les paramètres directs ou indirects qui peuvent être à l'origine d'une mesure erronée. Aujourd'hui cette expertise fait défaut chez les constructeurs et elle est à acquérir par l'entreprise directement ou en passant par une solution dédiée.

En outre, les solutions des constructeurs ont un périmètre fonctionnel plus restreint en termes d'impression ticket, de gestion d'un parc de remorques par exemple. Certains avancent que les capteurs des solutions dédiées sont plus précis (millibar contre dixième de bar). Ce point n'a toutefois pas été

vérifié, il est très difficile d'obtenir ces informations. En revanche les solutions des constructeurs ont l'avantage d'être intégrées et de reposer sur des groupes industriels puissants pour évoluer si la demande est identifiée, priorisée ou en fonction de la concurrence entre les constructeurs sur la thématique.

Quelle que soit la solution, il serait préférable de parler de « contrôle de charge » ou « d'aide à la conduite pour optimiser le chargement » plutôt que de pesage ou de pesage embarqué étant donné que la précision n'est pas identique en fonction du taux de chargement. Aucun système n'est homologué pour une utilisation commerciale et l'obtention nécessiterait un coût élevé. Le rapport rappelle les contraintes de la métrologie légale pour la détermination de la masse pour les transactions commerciales à partir d'instruments de pesage à fonctionnement automatique (Décret 2001-387 du 3 mai 2001).

Rappelons qu'en termes de pesage, l'opérateur a un rôle essentiel à jouer dans la fiabilité de la mesure. De plus, à côté du volet technique, le choix d'une solution doit également être réfléchi en fonction des paramètres qualitatifs suivants : Taille de l'entreprise, Réseau de distribution et proximité, Service de maintenance... Des différences significatives sont observées, certaines solutions intéressantes techniquement n'ayant pas de distributeurs en France.

Les solutions identifiées dans le document sont comparées sur base de plusieurs critères. Il ne s'agit que d'une proposition qui est à discuter, à compléter, à modifier au sein du comité de pilotage afin de partager une vision commune.

Il ressort que trois solutions se démarquent. En effet, les solutions sur suspension T1 d'Ascotel et Evo+ de Derisys sont très complètes et assez comparables techniquement. Ce sont deux acteurs reconnus et qui font la différence en termes de service après-vente. T1 a la dimension Android en plus qui donne la possibilité d'interopérabilités. Elle s'appuie également sur une entreprise de plus grande taille. Les solutions des constructeurs par leur niveau d'intégration dans les véhicules et de standardisation sont une vraie nouveauté qui ne peut que faciliter le déploiement et l'adoption. Mais l'offre est assez floue.

Les solutions des constructeurs n'avaient pas été identifiées lors du montage et dépôt du projet. Ce n'est que récemment et de manière très confidentielle qu'elles commencent à se déployer. Cependant force est de constater que cela a une incidence sur le contenu du projet et sa pertinence. Il est important de redéfinir certaines tâches à réaliser compte tenu de cet état de l'art.

Suite aux discussions avec les partenaires, le projet garde sa pertinence pour la fiabilisation de la relation client / fournisseur et pour éviter des trajets supplémentaires ou des allongements de trajet. Toutefois, il convient de :

- Investiguer d'avantage les solutions constructeurs en contactant par exemple les maisons mères, en faisant remonter les besoins d'évolution des utilisateurs, en recherchant la précision des capteurs utilisés et surtout en essayant d'obtenir de la visibilité sur les évolutions en terme de communication de la donnée, d'enregistrement, d'impression d'un ticket, de la faisabilité d'un écran déporté ainsi que de la rétroactivité possible avec des tracteurs existants...
- Réaliser des tests comparatifs entre solution dédiée (Ascotel) et solution constructeur (DAF et/ou Scania...) pour autant qu'une solution constructeur donne de la visibilité par rapport aux enjeux du projet
- Rédiger et diffuser des supports de bonnes pratiques, tant l'opérateur à un rôle important dans la fiabilité de la donnée.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- CUCHET E., PACCHIAN A., LAMISCARRE J., 2003. Comment peser les chargements des camions de bois en forêt ? Premières pistes techniques pour peser les chargements de bois en forêt. Note d'information, AFOCEL, 13 p.
- Décret 2001-387 du 3 mai 2001
- 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

- VAN RODEN F. and KENNETH B.A., Pneumatic weighing system for load carrying vehicles. US Patent n°3331458, Etats-Unis, 1967
- Feric, 1989. "On board truck weigh-scale evaluation". Canadian forest industries.
- J.O. O'Dea, On-board vehicle weighing system. US Patent n°5478974, Etats-Unis, 1995
- LE NET E., 2008. « Système de pesage embarqué ». Document de travail interne. 4 p.
- 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.
- BRADLEY R., On-board weighing apparatus and method. US Patent n°6037550, Etats-Unis, 2000
- TARTER R.E. and GERSTBAUER T.M., vehicle on-board weighing system and method. US Patent n°5410109, Etats-Unis, 1967

#### Sites Internet

- Agiva Technics, <https://agivatechnics.be/fr/>
- 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](http://www.cleral.com)
- Derisys, <http://derisys.com>
- Legras Industries, <https://legras-industries.com>
- MOBA, <https://moba-automation.fr>
- On Board Weighing Solutions, <http://onboardweighingsolutions.com>
- Pacific Northwest Technologies, <http://pntinc.com/>
- Pacific Scales, <http://www.pacificscales.com.au>
- Sense-Tech, <https://www.sense-tech.com/fr>
- Servited, <https://servited.fr/>
- Socari.eu, <https://socari.eu>
- VEI, <http://www.veigroup.com>
- Vishaypg, [www.vishaypg.com](http://www.vishaypg.com)
- Vulcan Scales, <https://vulcanscales.com>

## INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

---

### TABLEAUX

Tableau 1: Evaluation des solutions .....	26
---	----

### FIGURES

Figure 1 : Variation de la charge transportée par des ensembles routiers équipés (à droite) ou non (à gauche) d'un système de pesage embarqué (FERIC, 1989).....	7
Figure 2 : Exemple de châssis : Benalu Jumbotrack à gauche, Jumboliner au centre et Legras continu à droite (source : sites Internet des entreprises).....	9
Figure 3 : Exemple de fond mouvant : Socari allégé 90m <sup>3</sup> , Legras FMA routière, Benalu Jumbotrack, Berroyer muti transport (source : sites Internet des entreprises).....	9
Figure 4 : Exemple de cellules de charge positionnées entre le châssis et le faux-chassis.....	10
Figure 5 : Schéma d'un capteur à corde vibrante.....	10
Figure 6 : Invention de O'Dea (1995).....	12
Figure 7 : Jauge de contrainte fixée sur la lame de suspension (Tarter et al).....	12
Figure 8 : Capteur de suspension pneumatique (Tarter et al.).....	12
Figure 9 : Système de jauges de contraintes inventés par Bradley (2000).....	13
Figure 10 : Afficheurs MaxTruck (source ASCOREL).....	14
Figure 11 : Principe de fonctionnement de MaxTruck (source ASCOREL).....	15
Figure 12 : Boîtier Adis+ (image dans le texte) et EVO+ (ci-dessus), imprimante Bluetooth (source DERISYS).....	16
Figure 13 : Valeur ajoutée d'un dispositif à 2 capteurs (source DERISYS).....	16
Figure 14 : Solutions KiLoad et Sentinel (Source Cléral).....	17
Figure 15 : Composantes du système TrueLoad (source VEI).....	17
Figure 16 : Capteur mécanique (gauche) et capteurs pneumatiques utilisés (Source VEI).....	17
Figure 17 : Schéma synthétique de la solution Kimax (source Sense-Tech).....	18
Figure 18 : Exemple de droite de corrélation entre la valeur du capteur et le tonnage (source Sence-Tech).....	18
Figure 19 : Exemple de capteur de pression (gauche) et de son fonctionnement avec la valve de niveau (droite) : source Sense-Tech.....	18
Figure 20 : Système à une entrée d'air (gauche) et système à 2 entrées d'air (droite) : source Sense-Tech.....	19
Figure 21 : Exemple de capteur utilisé sur une suspension mécanique (source Sense-Tech).....	19
Figure 22 : Ecrans d'affichage ou application smartphone (source AirWeigh).....	19
Figure 23 : Cellules de charge sur sellette (source : OnboardWeighingSolution).....	20
Figure 24 : Cellule de pesage Moba (source MOBA).....	20
Figure 25 : Logger system (source VISHAY Precision Group).....	20
Figure 26 : Cellules de charge de Pacific Northwest Technologies et boîtier d'affichage (source PNTINC).....	21
Figure 27 : Exemples de jauges de contraintes à gauche et au centre) et de capteur de pression à droite (source Vulcan Scales).....	21

## SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AMI	Appel à Manifestation d'Intérêt
EBS	Système standardisé de freinage électronique
FCBA	Institut technologique Forêt Cellulose Bois Ameublement
FMA	Fond Mouvant Alternatif
MCS	Molette de Contrôle du Système
PTR	Poids Total Roulant
PTRA	Poids Total Roulant Autorisé

## L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, économie circulaire, alimentation, mobilité, qualité de l'air, adaptation au changement climatique, sols... - nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

### LES COLLECTIONS DE L'ADEME



#### FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



#### CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



#### ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



#### EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



#### HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.





## Pré-étude au projet PESONS – Etat de l’art des systèmes de pesées embarqués pour les ensembles routiers de type fond mouvant

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 :

Les solutions d’équipementiers (T1 d’Ascotel, 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 existent depuis de nombreuses années. Elles sont pleinement dédiées à la pesée, riches en fonctionnalités et distribuées par des professionnels experts de la thématique.

L’offre des constructeurs (SCANIA, DAF, MAN, VOLVO, RENAULT) est plus récente et exploite l’information du système EBS d’optimisation des forces de freinage d’un ensemble routier. Elle permet l’affichage des charges directement dans l’ordinateur de bord. Mais rares sont les constructeurs qui maîtrisent l’expertise sur le pesage et la technologie instrumentée. En outre, l’impression d’un ticket, la gestion intelligente d’un parc de remorques ne sont pas possibles aujourd’hui avec ce type de système.

### **Essentiel à retenir**

*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.*

