

Zeitschrift: Technique agricole Suisse

Herausgeber: Technique agricole Suisse

Band: 81 (2019)

Heft: 3

Artikel: Parcours "pulvé" façon Formule 1

Autor: Burkhalter, Ruedi

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1086464>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>



Aux journées de plein champ de la DLG, la mission est rude: les rampes doivent absorber des impacts, compenser des déclivités et des reliefs variés et, en plus, limiter ou empêcher les oscillations. Photos: Ruedi Burkhalter/ldd

Parcours « pulvé » façon Formule 1

Le guidage des rampes de pulvérisateurs est une science complexe. On exige de ces structures une stabilité et un équilibre les plus élevés possibles. Cet article passe en revue les systèmes présents sur le marché.

Ruedi Burkhalter

C'est une épreuve qui ne laisse rien passer. Aux Journées de plein champ de la Société allemande d'agriculture, les DLG-Feldtage, les constructeurs de pulvérisateurs participent à un officieux championnat européen de guidage de rampe; certains conducteurs, en attendant leur tour dans la file, ont le coeur qui bat la chamade. Ils doivent s'acquitter d'un parcours très exigeant, sous le regard critique d'une foule de spectateurs. Cette sorte de course permet de jauger directement les performances des appareils en lice. Dans la plupart des cas, les constructeurs font rouler leurs engins les plus perfectionnés, dotés de tous les raffinements existants, afin d'exposer le nec plus ultra de leurs recherches et développement.

Technique Agricole s'est prêté à une observation détaillée de la manifestation, dont des images peuvent être visionnée sur son canal Youtube. Pour offrir un

aperçu aussi large que possible sur la question du guidage des rampes de pulvérisateurs, quelques systèmes absents des DLG-Feldtage sont aussi évoqués ici dans cet article.

Epreuve n° 1, le «Parcours de bosses»

Dans une première étape, les pulvérisateurs doivent circuler, à une vitesse imposée de 6 à 8 km/h, sur un parcours jalonné d'obstacles qui mettent la stabilité et l'équilibre des rampes à rude épreuve. Sur ce « Bumpy Track », les véhicules ont d'abord à affronter une série de variations d'inclinaison latérale; les bras de la rampe ne doivent pas plonger vers le sol, ni s'élever au-dessus de la culture. Sur les tronçons suivants, les véhicules vont encaisser des soubresauts en tous sens dus à des inégalités de terrain soigneusement aménagées. Elles permettent de tester les suspensions et les amortisseurs des rampes

et des trains roulants. L'objectif est de traverser la zone avec le moins d'oscillations possibles de la rampe. La vitesse d'avancement est mesurée à chaque passage; les visiteurs peuvent la voir affichée. Par contre, la précision de l'application ne peut être ni mesurée ni déterminée scientifiquement. Mais les spectateurs distinguent clairement les différences de comportements entre les machines.

Quatre axes d'amortissement

Avec l'augmentation des vitesses de traitement et des largeurs de travail associées à une réduction des distances entre buses et culture, le guidage des rampes de pulvérisateurs est devenu une véritable science, complexe. Pendant les traitements, plusieurs dispositifs ont pour mission d'absorber les chocs dans quatre directions, de compenser les déclivités et, en plus, d'empêcher la formation de



Dans la course sur les reliefs, le véhicule circule sur la partie plate du champ mais la barre doit « survoler » un monceau de terre aménagé à gauche du pulvérisateur.

mouvements oscillatoires de la rampe. Le recours croissant à l'électronique ne facilite pas la vie des ingénieurs. Les systèmes électroniques embarqués dans les « pulvés » high-tech permettent de gérer activement un nombre croissant de fonctions de la rampe; ils remplacent les anciens dispositifs mécaniques passifs. Toutefois, l'électronique s'inscrit en complément de la mécanique, ce qui implique que les éléments amortisseurs passifs et les dispositifs de gestion actifs travaillent en symbiose parfaite. Sans cette synchronicité, des mouvements inopinés de la rampe peuvent se produire, ou pire, le système va générer lui-même des oscillations.

Treuil vertical ou parallélogramme

Point suivant, l'attache non rigide entre le véhicule et la rampe sert à régler la hauteur de cette dernière et à amortir les chocs verticaux. La plupart des machines recourent encore à des treuils avec des rails verticaux. Ce type de construction est léger, ramassé, et offre une grande amplitude de réglage. Mais il atteint vite certaines limites, et il laisse de plus en plus la place à des structures en parallélo-

gramme sur les machines « high-tech » et travaillant à vive allure. Le parallélogramme est le plus généralement composé de deux bras supérieurs et deux bras inférieurs qui assurent le réglage précis de la hauteur de la rampe, en douceur, avec peu de friction et un jeu minime, contrairement aux treuils classiques. Autre avantage des parallélogrammes, ils laissent beaucoup d'espace libre pour des organes amortisseurs et des vérins.

Par contre, un parallélogramme alourdit et rallonge le véhicule. Les constructeurs développent différentes stratégies pour pallier à cet inconvénient. En créant des cavités dans la cuve, ils peuvent déplacer vers l'avant les points pivots de cet ensemble; mais c'est au détriment de la facilité de nettoyage de l'intérieur de la cuve. Grim a, pour sa part, carrément placé le moteur de ses automoteurs derrière la cuve. Ce moteur, étroit, se retrouve inséré entre les bras du parallélogramme, et la cuve garde une forme régulière, intégrée dans l'espace entre le moteur et la cabine. Kuhn est encore le seul constructeur à faire profiter un pulvérisateur porté au trois-points des avantages du parallélo-

gramme. Ce système s'appelle « Optilift » et il est proposé sur les modèles « Deltis 2 ». Pour ne pas agrandir inutilement la machine, les ingénieurs ont trouvé une solution raffinée, qui repose sur l'utilisation d'un cadre en profilés « L » amarré par trois pivots devant la cuve. Un bras supérieur, en position centrale, relie en arc de cercle l'extrémité du cadre au-dessus de la cuve à la suspension de la rampe, ce qui confère à cette dernière, en dépit de la compacité de la structure, une amplitude de réglage vertical pouvant atteindre 250 cm au-dessus du sol. Si l'on combine une telle machine avec une cuve complémentaire à l'avant du tracteur, on transforme cet attelage en un mini pulvérisateur automoteur avantageux et maniable.

Trains roulants déterminants pour la stabilité

Le rôle des trains roulants ne doit pas être sous-estimé; ce sont eux qui amortissent la majeure part des mouvements verticaux ou qui peuvent même les empêcher. Grandes roues et empattement long favorisent la stabilité de la rampe, mais au détriment de la maniabilité du pulvérisateur.

A noter la solution originale avec essieu tandem que propose Amazone pour son automoteur « Pantera »: le poids de l'engin ne repose pas ici, selon le schéma classique, à l'avant et à l'arrière, mais il est suspendu latéralement sur deux axes positionnés au centre du véhicule, sur son châssis. Grâce à l'effet de levier allongé obtenu, l'amplitude des mouvements générés par les inégalités du terrain est réduite de moitié. Exemple inverse observé aux DLG-Feldtage: l'automoteur compact McConnel « AgriBuggy » se dandine sur tout le parcours en raison de sa légèreté, de ses petites roues et de ses dimensions ramassées. En conditions extrêmes, il est quasi impossible d'obtenir un semblant de stabilité pour la rampe de traitement d'un tel véhi-



Kuhn est le seul constructeur à proposer un pulvérisateur à parallélogramme porté au trois-points.



Sur l'automoteur Amazone « Pantera », les impacts sont fortement amortis par le train roulant tandem.



Pour réduire la longueur hors-tout de ses automoteurs, Grim installe leur moteur entre les bras du parallélogramme.

culle. Agrifac, autre exemple, mise par contre aussi sur le découplage du châssis et du train roulant de son automoteur «Condor»; sur son modèle traîné «Milan», le constructeur met à profit l'effet de levier allongé de son système «StabiloPlus» et l'association d'un timon à amortisseur et d'une suspension de l'essieu.

Deuxième parallélogramme pour les sollicitations transversales

Les irrégularités de terrain, d'un côté ou de l'autre du véhicule, génèrent également des sollicitations, transversales, sur la rampe. Ces impacts sont absorbés sur certaines machines, comme le pulvérisateur traîné Horsch «Leeb LT» et son guidage de rampe «BoomControl», par un deuxième parallélogramme. Il est particulièrement important pour la stabilité latérale d'une machine que tous les éléments amortisseurs, qu'ils soient mécaniques, hydrauliques, pneumatiques ou combinés, puissent s'adapter avec toute la souplesse nécessaire à la taille, au poids, à la longueur variable de la rampe, mais aussi aux conditions d'utilisation ou à d'autres organes comme les correcteurs de dévers.

Les virages faussent les dosages

Contrer les mouvements horizontaux de la rampe qui se produisent lorsque le pulvérisateur avance est une autre affaire encore. Dans le jargon, on distingue entre les oscillations symétriques, qui se produisent notamment lors de départs en ligne droite, et les oscillations asymétriques qui surviennent en tournant ou en sortie de courbe, en fait surtout en bouts de champs. En y regardant d'un peu près, lorsque la rampe passe une courbe, la vi-

tesse d'avancement des buses situées vers les extrémités des bras va, par intermittences, s'accélérer puis ralentir relativement à celle du pulvérisateur. Jusqu'à devenir éventuellement négative (et les buses vont donc «reuler» par rapport au centre de l'appareil). L'intensité de cet effet augmente à raison de la largeur et de la flexibilité de la rampe, et produit des sur- ou des sous-dosages de bouillie sur certaines surfaces (voir graphique). Dans les zones sous-dosées l'action du produit sera moindre, tandis que les plantes des surfaces sur-traitées peuvent souffrir de ce surdosage. Une analyse des vidéos montre que les rampes de nombreux modèles balancent assez violemment en traversant les tronçons bosselés. La survenance de ce type de mouvements intempestifs dépend beaucoup de la construction de la rampe et des suspensions dont elle bénéficie. Selon la largeur et la structure des bras, il s'agira de systèmes d'amortisseurs passifs plus ou moins complexes.

«SwingStop» calme le jeu

Avec le «SwingStop» qu'elle propose en option depuis peu, Amazone est, pour le moment, la seule marque à commercialiser un système actif de stabilisation pour rampes de pulvérisateurs. Il fonctionne ainsi: aux deux extrémités de la rampe, un capteur de mouvement mesure la vitesse, relativement à la vitesse moyenne du centre du pulvérisateur. Chaque bras de la rampe est équipée de deux vérins hydrauliques qui compensent les oscillations en direction de l'avant et de l'arrière. Le fonctionnement des vérins est géré automatiquement par des soupapes

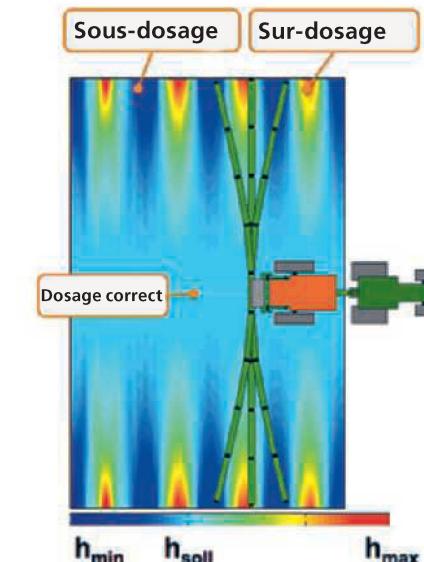
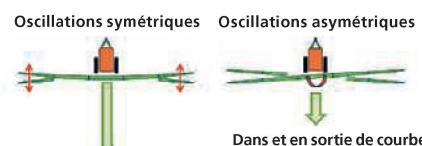
Perspectives

La Suisse n'est pas le seul pays où les pratiques en matière phytosanitaire sont remises en cause pour des raisons environnementales. Les matériels coûteux dont il est question ici paraissent inabordables, relativement à l'exiguïté des parcelles de notre pays. Mais l'expérience montre que les technologies de pointe qui paraissent hors de portée, réservée aux grandes machines, finissent souvent par intégrer des matériels de taille plus modeste et à la portée de petites structures. Incontestablement, la pression va encore croître pour obliger les utilisateurs à réduire l'usage de «phytos». La professionnalisation de la protection des plantes et le développement de techniques d'applications plus précises sont appelés à s'intensifier.

de régulation de pression proportionnelle très dynamiques. L'analyse des prises de vue vidéo ne permet pour ainsi dire plus de détecter à l'œil nu la moindre oscillation de la rampe du pulvérisateur «UX 01 Super» équipé de ce système.

Epreuve no 2 «Courbes et reliefs»

Aux DLG-Feldtage, une fois passée la tournière en bout de parcours, les machines doivent contourner un obstacle,



Les oscillations symétriques de la rampe surviennent dans les lignes droites, les asymétriques dans les courbes.



John Deere est pour l'instant l'unique constructeur à proposer une rampe ultralégère en fibre de carbone. La légèreté n'est cependant pas toujours un gage de stabilité.

avant d'aborder la discipline consistant à suivre le relief d'une parcelle. Les pulvérisateurs circulent sur la partie plate de la parcelle et doivent démontrer comment le guidage automatique de la rampe parvient à suivre un premier relief de terrain du côté extérieur, puis un autre sur l'avant du pulvérisateur. Sur ce tronçon, la vitesse imposée par l'organisateur est de 12 à 15 km/h.

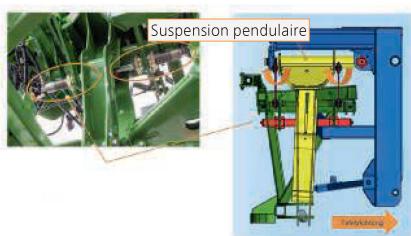
La mécanique et l'électronique

Sur les pulvérisateurs simples et courants, c'est le conducteur qui doit gérer manuellement la hauteur de la rampe; la seule fonction de guidage automatisée est un correcteur de dévers mécanique. Fixée à une articulation pendulaire centrale, la rampe est, au plat, maintenue automatiquement à l'horizontal par l'effet du centre de gravité. Quand le train roulant s'incline en abordant un dévers, la tension du ressort augmente et agit pour corriger l'inclinaison de la rampe et la rendre parallèle au terrain.

Les correcteurs de dévers électroniques sont plus précis. La rampe et le train roulant sont chacun doté d'un capteur d'inclinaison. Le système de gestion de l'hydraulique veille à ce que la rampe et l'essieu gardent toujours un angle d'inclinaison parfaitement identique. Sur le parcours dont il est question ici, un tel système est néanmoins toujours pris en défaut, car le train roulant reste à l'horizontale, alors que le terrain accuse en fait des reliefs latéraux.

Capteurs ultrasons

Dans ce genre de cas, la solution passe par un guidage automatique de hauteur qui mesure la distance verticale effective entre le sol ou la culture et la rampe. Tous les constructeurs recourent à des systèmes de mesures à ultrasons, avec des capteurs fonctionnant sur un principe identique, provenant du même fournisseur Norac. Les différences notables que



Le « Swing Stop » d'Amazone est le premier amortisseur actif d'oscillations pour rampe de pulvérisateur. Deux vérins latéraux compensent les oscillations.

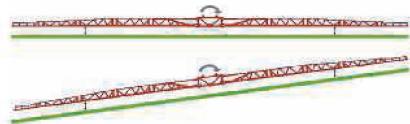
l'on constate entre les performances des différents systèmes sont donc moins imputables aux composants utilisés qu'aux programmes de gestion et à la coordination interne des dispositifs. Les capteurs à ultrasons enregistrent deux valeurs, une plus longue indiquant la hauteur par rapport au sol, une seconde mesurant la distance par rapport à la culture. Avec la majorité des systèmes, le conducteur peut choisir les valeurs qu'il veut utiliser. Les meilleurs résultats s'obtiennent dans la plupart des interventions en recourant au mode « hybride », où le guidage de la rampe repose aussi bien sur les valeurs longues que sur les plus courtes. On peut, grosso modo, classer les systèmes en cinq degrés, en fonction de leur niveau de perfectionnement.

Rampe rigide à deux capteurs

Dans l'exécution la plus simple, le guidage en relief se fait au moyen de deux capteurs et d'une rampe rigide; toutes les buses sont en permanence réparties sur une ligne. Seule la hauteur du centre de la rampe et son inclinaison peuvent varier. Sur le parcours des DLG-Feldtage, ces systèmes améliorent déjà le fonctionnement des rampes courtes mais les buses situées à leurs extrémités ont tendance à trop se rapprocher du sol, tandis que celle du centre restent trop hautes en raison de la rigidité des bras. Avec des rampes plus larges, les extrémités entrent parfois violemment en collision avec le sol, soit parce que la course en hauteur du cadre de la rampe est trop courte, soit parce que la réaction du système est trop lente en raison du temps que le vérin du treuil met à se remplir d'huile. Parmi ces systèmes, on citera le « Boom Guide Comfort » qui équipe le Kverneland « iXter T4 ».

Vérins supplémentaires

Dans les systèmes un peu plus étudiés, la rampe est partagée en trois bras, avec des articulations pivotantes horizontales munies de vérins hydrauliques. Les hauteurs des deux bras latéraux peuvent ainsi



Le système de guidage en hauteur le plus simple utilise une rampe rigide munie de deux capteurs à ultrasons.

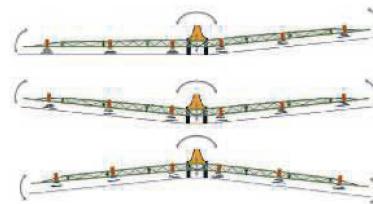
s'ajuster individuellement et indépendamment de celle de la section centrale. Pour autant qu'ils soient bien réglés, ces systèmes parviennent, grâce à trois capteurs à ultrasons, à suivre parfaitement le relief d'une parcelle. Toutefois, les bras extérieurs ne peuvent s'incliner que vers le haut par rapport à la partie centrale, ce qui convient quand le pulvérisateur se trouve dans une dépression du terrain. Fonctionnant toujours avec une rampe divisée en trois parties, les systèmes plus perfectionnés ont des bras latéraux qui peuvent aussi s'incliner vers le bas par rapport à la section centrale et donc s'adapter au sol lorsque le pulvérisateur circule au sommet d'une bosse.

La multiplication des capteurs

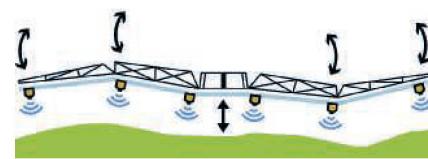
Amélioration supplémentaire, Kverneland, entre autres exemples, multiplie les capteurs le long de rampes de grande largeur et fait appel à des vannes hydrauliques à débit proportionnel pour guider les différentes parties de la structure. Le gain en termes de précision est notable, mais cette « Boom Guide ProActive » est environ deux fois plus chère à l'achat que la version « Boom Guide Pro » évoquée plus haut.

Articulation supplémentaire

Enfin, raffinement suprême, les bras latéraux étant dotés chacun d'une articulations supplémentaire, la rampe se trouve divisée en cinq parties. Cette configuration est surtout utilisée pour des pulvérisateurs à buses rapprochées (jusqu'à 30 cm d'intervalles minimaux) et qui doivent donc évoluer très près de leur cible, en exigeant un guidage en hauteur d'une extrême précision.



Le guidage « Premium » permet d'incliner les bras de rampe vers le bas. Il reste toutefois extrêmement coûteux.



Sur son « Leeb LT », Horsch propose en option des rampes à cinq bras, dont chacun peut s'ajuster en hauteur.