

LA NAVIGATION PAR SATELLITES ET L'AGRICULTURE ⁽¹⁾

par H. AUERNHAMMER et K. WILD

TU MÜNCHEN-WEIHENSTEPHAN, INSTITUT FÜR LANDTECHNIK

Traduction Paul Fombonne

RÉSUMÉ

L'agriculture est en plein changement à notre époque. On veut abaisser les coûts de protection et mieux protéger l'environnement. Dans cet esprit, l'agriculture demande des moyens de localisation et de navigation à travers champs, aussi bien pour la gestion des cultures que pour des opérations particulières. Ces moyens permettraient de réduire les quantités d'engrais utilisées et les infiltrations de ces derniers dans le sol. La localisation est utile pour contrôler la production des cultures et les opérations d'épandage dans les zones où il faut veiller à la qualité de l'eau. La précision nécessaire est de 1 à 5 m et peut être obtenue avec le GPS moyennant un traitement différé des informations où avec le GPS Différentiel (DGPS). Une bonne navigation permet d'éviter des recouvrements et des lacunes dans l'épandage des engrais organiques et minéraux et des pesticides. Dans ce cas, la précision doit être meilleure que 10 cm. Une précision encore supérieure, de l'ordre de 1 cm, est demandée pour le guidage des tracteurs et des outils. Ces performances techniques sont indispensables pour passer de l'éradication chimique à l'éradication mécanique des mauvaises herbes, ainsi que pour parvenir aux meilleurs résultats dans des conditions optimales avec de plus en plus de véhicules automatiques. La navigation par satellites peut satisfaire aux besoins actuels, avec une précision de l'ordre de 1 à 5 m. Pour un travail encore plus précis, on doit lui adjoindre des systèmes de navigation à l'estime ou à infrastructure terrestre, ou des systèmes optiques.

ABSTRACT

Agriculture in the 90's is changing. Lower production costs and better protection of the environment are required. Location detection and navigation for monitoring purposes as well as for site specific operations within a crop field are required for environmental oriented agriculture. They

(1) Communication présentée à ISY (International Space Year) (année internationale de l'espace).

can lower inputs of farm chemicals and nutrient infiltration. Location sensing is used for simple yield monitoring and for application monitoring in water protection areas. The needed accuracy is within 1 to 5 m which can be accomplished by GPS with post processing or by DGPS. Overlaps and gaps during application of organic and mineral fertilizers and pesticides could be avoided with navigation. Accuracy for this task must be less than or equal to ± 10 cm. Most precise navigation within a ± 1 cm range will take place in tractor and implement guidance. These techniques are essential to switch from chemical to mechanical weed control and to get powerful performance under optimum conditions with more and more automated vehicles. Satellite navigation can fulfill the present needs within an accuracy of ± 1 m down to ± 10 cm. For more exact field work it should be supplemented by dead reckoning systems, other ground-based navigation systems or by machine vision.

1

INTRODUCTION

DANS les pays très industrialisés et à population très dense, l'agriculture changera beaucoup dans les années 90. L'autosuffisance avec une alimentation abondante a perdu de son importance. Dans l'avenir, l'intérêt se portera vers une campagne bien gérée et vers la nature considérée comme lieu d'agrément ou comme refuge de la vie sauvage. Une autre considération importante est l'approvisionnement en eau potable non polluée et de haute qualité. Il faut aussi réduire la production d'aliments, afin d'éviter de subventionner à grand frais les produits agricoles. La nourriture doit être produite à moindre coût, mais non polluée et de qualité élevée. En outre, à une époque où les sources d'énergie se raréfient, la société voit l'agriculture comme une ressource énergétique bon marché, et l'on attend des fermiers qu'ils produisent de grandes quantités de matières premières pour l'industrie.

2

OBJECTIFS

L'agriculture doit donc changer de rôle et s'adapter à un environnement qui se modifie. Elle doit principalement se préoccuper de préserver et de protéger l'environnement. Elle ne peut y parvenir qu'en se pliant aux conditions réelles et aux possibilités de cet environnement. La production agricole doit tenir compte de la nature et se développer en accord avec celle-ci.

Pour les agriculteurs, le sol en tant que terrain de production revêt une très grande importance. L'agriculteur soucieux d'écologie doit tenir compte des différences naturelles entre les sols, des besoins variés en engrais et des fluctuations des ressources en eau. Il doit prendre en considération la fertilité locale du sol et ajuster les apports d'engrais et autres produits à ces conditions locales.

Les méthodes de production « écologiques » doivent cesser de traiter uniformément les sols et tenir compte des variations de ceux-ci à petite échelle. Du point de vue technique, cela demande des systèmes de localisation et de navigation sûrs et constamment disponibles.

Pour les applications agricoles, il faut des techniques bon marché, qui ne détériorent pas l'agrément des lieux et l'aspect des paysages. Les systèmes qui nécessitent une infrastructure importante, comme des stations terrestres d'émission et de réception, sont donc exclus. En outre, un système qui ne servirait qu'à une seule exploitation n'est pas très attirant; il doit pouvoir être utilisé par un grand nombre d'entre elles.

Dans ces conditions, le système de localisation et de navigation le plus approprié pour l'agriculture est un système à satellites. Mais il doit pouvoir offrir les divers degrés de précision nécessaires. Il convient aussi de ne pas confondre ce qui concerne la gestion de la production et la navigation appliquée aux travaux agricoles eux-mêmes.

3

GESTION DE LA PRODUCTION

Par suite du nombre croissant de lois et règlements visant à protéger l'environnement, la gestion de la production acquiert de plus en plus d'importance. Cela s'applique particulièrement à l'épandage des engrais organiques dans les exploitations qui possèdent beaucoup de bétail. Cela concerne aussi toutes les activités agricoles dans les zones de collecte d'eau potable et dans celles où il convient de protéger les paysages et les espèces animales menacées. Une première mesure à cet effet, déjà réclamée par beaucoup de personnes, consisterait à consigner obligatoirement toutes les activités agricoles. Mais cela ne suffit pas. A long terme, un système d'enregistrement automatique sera nécessaire. Avec une « boîte noire », les renseignements utiles sur les taux d'épandage, les lieux et les dates, pourraient être recueillis. Le GPS suffit dans ce cas avec une précision de 50 à 100 m, car l'emplacement des champs peut être connu sans difficulté.

Un autre défi se présente lorsque plusieurs exploitations récoltent et transportent leur production au même moment. Si une vingtaine de véhicules, par exemple, circulent simultanément, les problèmes bien connus de gestion des flottes se présentent. Si l'on ne connaît pas la position des véhicules, des pertes de temps ne peuvent être évitées. La connaissance des positions avec une précision de ± 100 m et avec un délai de dix à quinze minutes suffirait pour y remédier. Ce genre de besoin montre déjà l'intérêt d'en venir à une navigation en temps réel.

Un autre travail de gestion, d'intérêt économique certain, est la mesure du rendement des récoltes. Pour utiliser les engrais sans dommage pour l'environnement, la détermination des rendements fournit la première donnée permettant d'évaluer la quantité d'engrais nécessaire pour les récoltes de l'année suivante. Cette application exige une plus grande précision de

localisation que les précédentes. Des travaux ont été conduits à l'occasion de récoltes de céréales avec des moissonneuses-batteuses équipées de systèmes de mesure du rendement et de récepteurs GPS ou DGPS. Plus de 200 ha ont été moissonnés de cette façon. Quoique les engrais eussent été uniformément répandus, le rendement variait beaucoup d'un emplacement à un autre, entre 3 et 9 t/ha (fig. 1). Il apparaît qu'une précision de localisation de 1 à 5 m est nécessaire pour réaliser des cartes de rendement significatives.

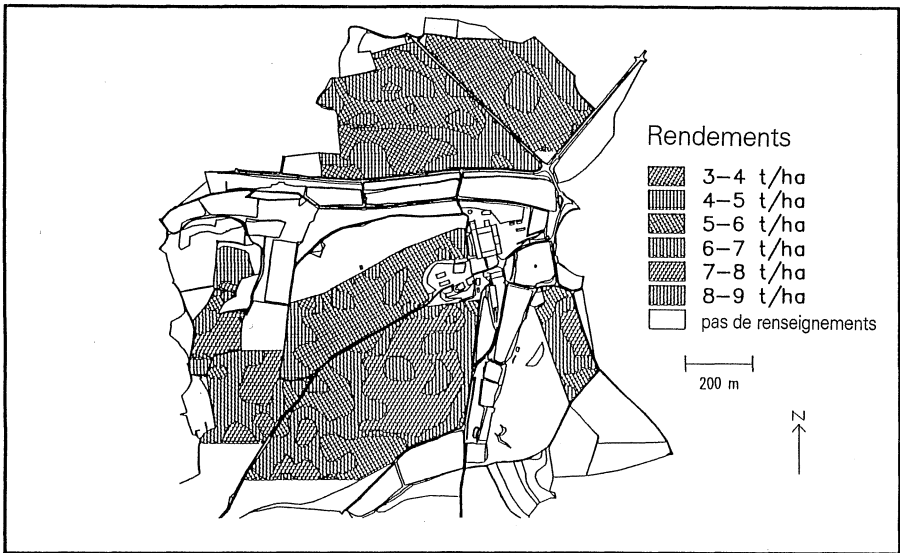


Fig. 1. — Carte des rendements en blé d'hiver à la station expérimentale « Scheyern » (août 1991, superficie 107,4 ha)

Ces études ne demandent pas de traitement en temps réel. Les données recueillies pendant les travaux agricoles peuvent être manipulées ultérieurement et présentées avec le degré de précision désiré.

4 NAVIGATION DANS LES TRAVAUX AGRICOLES

On ne peut correctement naviguer qu'en temps réel. On peut distinguer trois cas en ce qui concerne la précision nécessaire.

4.1 Navigation vers un point donné.

Ce type de navigation se rencontre lorsque l'on veut recueillir des échantillons de sol, ou pour rejoindre les axes à suivre pour l'épandage à taux variables des engrais et des pesticides.

Les points de recueil d'échantillons doivent être localisés avec une précision de 1 à 5 m. Elle peut suffire aussi pour trouver le point de départ d'un axe d'épandage. Pour suivre un axe, une meilleure précision, de l'ordre de 1 m, est nécessaire. De cette façon, les diverses régions d'un champ peuvent être traitées en fonction des variations de la nature du sol. Avant qu'on ne dispose d'un DGPS, permettant de se localiser à 1 m près en temps réel, on peut se contenter du GPS avec une précision de 5 m, associé à un moyen de navigation à l'estime (odomètre, senseurs à micro-ondes ou à ultrasons); cette combinaison permet de déterminer les variations du taux de dérapage le long du parcours et d'en tenir compte. Grâce à ces moyens, les engrais et autres produits chimiques peuvent être répandus avec précision.

4,2 Prévention des lacunes et des recouvrements.

Habituellement, on traite un champ comme s'il était uniforme. Chaque engrais organique ou minéral, ainsi que chaque produit phytosanitaire est appliqué à la même dose dans tout le champ. Dans l'avenir, il conviendra de penser aux variations locales des caractéristiques du sol et de modifier les doses d'épandage en conséquence. Il en résulte des exigences variées.

Sur les prairies (environ 50 % des terres agricoles en Allemagne) et sur les terres en jachère on ne dispose d'aucun repère pour aider à se diriger. Avec des largeurs de travail croissantes, de 12, 24 à 36 m, on ne peut éviter, lors des épandages, des recouvrements coûteux accroissant la pollution. Des enquêtes ont montré qu'avec des largeurs d'épandage de 12 m les recouvrements causent des excès de produits de 8 à 12 %. Des aides à la navigation sont donc indispensables, avec une précision souhaitable de 20 cm. Même avec le DGPS, on ne peut l'obtenir dans un avenir prévisible. Par conséquent, un système de navigation combinant le DGPS et l'estime semble être la solution pour les prochaines années.

Comme on l'a déjà dit, une précision de 1 m suffit pour suivre un axe d'épandage. D'une part, donc les diverses zones d'un champ peuvent être localisées avec la précision requise et, d'autre part, les produits peuvent être répandus en fonction des besoins locaux (*fig. 2*).

4,3 Guidage des tracteurs et des outils.

Les exigences les plus strictes relatives à la navigation se rapportent au guidage des tracteurs et des outils. Ce type de navigation prend de plus en plus d'importance, du fait qu'on emploie moins de produits chimiques et qu'on se tourne de plus en plus vers l'éradication mécanique des mauvaises herbes. Pour les outils, la précision doit être de 1 cm et pour les tracteurs de 5 cm. En outre, plus un tracteur est guidé avec précision, plus on peut en augmenter la vitesse, et cela permet de réduire la durée et le coût des travaux.

On ne peut atteindre les précisions indiquées à coûts modérés dans un avenir proche, même avec le DGPS. Mais celui-ci peut servir de système de base, complété par un système de guidage optique.

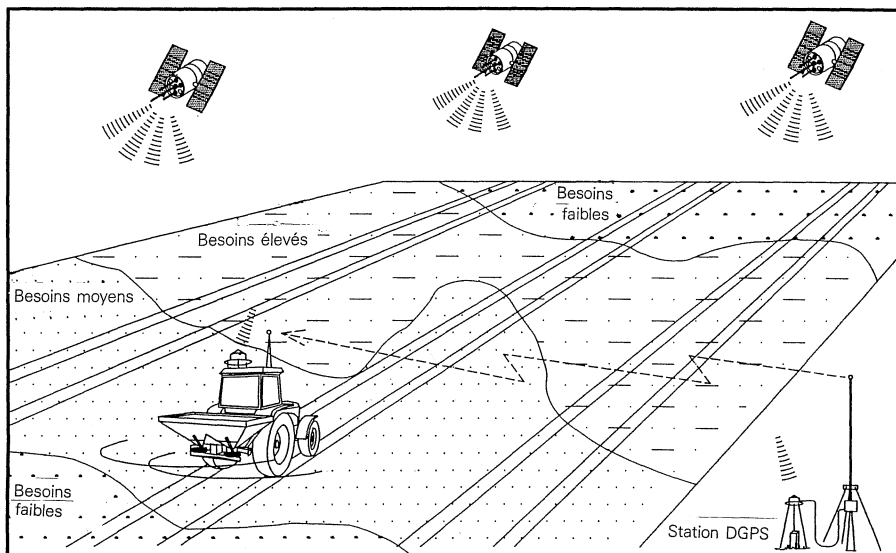


Fig. 2. — Épandage d'engrais à dose variable en fonction des besoins locaux, avec l'aide du GPS Différentiel (DGPS)

TABEAU 1

APPLICATION	EMPLOI	PRÉCISION REQUISE	OPÉRATION EN TEMPS RÉEL	SYSTÈME
Gestion	Travaux agricoles dans des zones sensibles.	50-100 m	Non	GPS et traitement différé
	Gestion des travaux (plusieurs fermes).	100 m	10-15 mn	GPS
	Cartographie des champs.	1-5 m	Non	DGPS et traitement différé
Navigation	Collecte d'échantillons de sol.	1 m	Oui	DGPS
	Localisation d'axes de travail.	1-5 m	Oui	DGPS
Navigation précise	Prévention des lacunes et des recouvrements.	10 cm	Oui	DGPS avec estime
Navigation très précise.	Guidage des tracteurs et des outils.	1-5 cm	Oui	DGPS et traitement d'image

5

CLASSES DE PERFORMANCES

Les exigences relatives à la localisation et à la navigation pour l'agriculture sont donc très variées (tableau 1).

Certains besoins peuvent être couverts avec le GPS seul. Dans la plupart des cas, il faut avoir recours au DGPS, et pour beaucoup d'applications on doit l'associer à un système d'estime pour atteindre la précision voulue.

Ainsi, le DGPS constitue le principal système de localisation et de navigation pour une agriculture de l'avenir soucieuse de l'environnement. Cependant, il ne sera largement employé que si des stations DGPS adéquates sont disponibles le plus rapidement possible pour les usages agricoles. Elles devront fonctionner sans interruption et gratuitement pour les agriculteurs.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- H. Auernhammer, 1990. — Landtechnische Entwicklungen für eine umwelt und ertragsorientierte Düngung. Landtechnik, 45, 7-8, 272-278.
- H. Auernhammer, 1989. — Elektronik in Traktoren und Maschinen. BLV-Verlag, Munich.
- H. Auernhammer, 1992. — Rechnergestützte Pflanzenproduktion am Beispiel der umweltorientierten Düngung. VDI-MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge". Düsseldorf, Heft 14, 1-15.
- H. Auernhammer, M. Demmel, J. Rottmeier et T. Muhr, 1991. — Future Developments for Fertilizing in Germany. St. Joseph, MI, ASAE-Paper 91-1040.
- R. Buschmeier, 1990. — CAT with the Satellite Navigation System GPS. Technical Abstracts and Poster Abstracts on "International Conference on Agricultural Engineering (AG ENG '90)". Berlin, VDI-AGR-MEG, 1988-1989.
- M. Demmel, T. Muhr, J. Rottmeier, P. v. Perger et H. Auernhammer, 1992. — Ortung und Ertragsermittlung beim Mähdrusch in den Erntejahren 1990 und 1991. VDI-MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge". Düsseldorf, Heft 14, 107-122.
- T. Muhr et H. Auernhammer, 1992. — Technische Möglichkeiten zur Ortung landwirtschaftlicher Fahrzeuge. VDI-MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge". Düsseldorf, Heft 14, 49-56.
- C. Petersen, 1991. — Precision GPS Navigation for Improving Agricultural Productivity. GPS World, 1, 38.43.
- E. Schnung, S. Haneklaus et J. Lamp 1990. — Economic and Ecological Optimization of Farm Chemical Application by "Computer Aided Farming" (CAF). Technical Abstracts and Poster Abstracts on "International Conference on Agricultural Engineering (AG-ENG '90)". Berlin, VDI-AGR-MEG, 161-162.
- J. K. Schueller, S. Borgelt et K. Wild, 1992. — Ortung und Navigation in der Landwirtschaft der USA. — Stand und Ausblick VDI-MEG Kolloquium Agrartechnik "Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge". Düsseldorf, Heft 14, 183-190.
- S. W. Searcy et J. W. Tewis, 1991. — Generation and Digitization of Management Zone Maps. St. Joseph, MI, ASAE-Paper 91-7048.
- VDI-MEG, 1992. — Ortung und Navigation landwirtschaftlicher Fahrzeuge. Düsseldorf VDI-AGR.