

# Geavanceerde systemen voor de Franse land- en tuinbouw

*Marc Ferretti*

Dit artikel is vertaald vanuit het Frans, voor informatie over de vermelde bedrijven en instellingen kunt u zich wenden tot:

**FRANTECH - Bureau Informatie Franse Technologie**  
**Keizersgracht 276, 1016 EW Amsterdam**  
**Telefoon 020-6254736, telefax 020-6255769**

## Inleiding

Computerondersteunde produktie en robotsystemen beginnen een steeds grotere rol te spelen in de land- en tuinbouwwereld. 'Mechatronica' combineert mechanische, elektronische, automatische en computer-technieken. Deze werken integraal samen en vergroten daardoor de mogelijkheden voor de land- en tuinbouw.

Mechatronica biedt de agrarische sector tal van computergestuurde technieken, die niet alleen produktieverhogend, maar ook kwaliteitsverbeterend kunnen werken. Deze CIM-technieken (Computer Integrated Manufacturing) stuwden de boerenbedrijven versneld de 21e eeuw binnen. Computerondersteund oogsten is nu al een realiteit en volgt vlak op de hielen van computergestuurde klimaatregelsystemen voor kassen. Maar ook verschillende andere landbouwkundige processen zullen worden geautomatiseerd. Ook zullen steeds grotere bedrijven ontstaan die dankzij CIM eerder de term 'groentefabriek' verdienen. Deze ontwikkeling heeft inmiddels al de naam CIAP (Computer Integrated Agricultural Production - computergestuurde agrarische produktie) gekregen. Dit systeem omvat verschillende factoren. Zo controleren sensoren 24 uur per dag naast de hoeveelheid kooldioxyde in de lucht ook andere gegevens met betrekking tot de omgevingsomstandigheden. Een netwerk van computers voert continu via

digitale simulaties en kunstmatige intelligentie evaluaties en voorspellingen uit over hoe goed de betreffende oogst groeit. Daarnaast wordt bepaald wat steeds de optimale omgevingsfactoren zijn voor een goede groei.

De resultaten van 's werelds eerste CIAP-projecten hebben getoond dat onder dergelijke omstandigheden planten drie tot vijf keer sneller kunnen groeien dan in een natuurlijke omgeving het geval is.

In het Aquitaine gebied van zuidwest Frankrijk heeft mechatronica een directe invloed op de land- en tuinbouw. J. Haro, regionaal directeur van het Franse ministerie voor land- en bosbouw, benadrukt dat de 'intensivering' van de produktie doorgaat. Zo neemt het aandeel van maïs ten opzichte van andere granen en permanente grasgebieden toe. Daarnaast spelen er factoren mee als de ontwikkeling van 'industriële gewassen', zoals zonnebloemen, en de stabilisering van de wijngaarden.

## Mechatronica in de wijnbouw

In Bordeaux wordt elk jaar in de maand juni onder de naam Vinitech een handeltentoonstelling gehouden. Deze tentoonstelling omvat vindingen en resultaten die zijn bereikt door regionale bedrijven op 'wijngebied', zoals tal van machines en geautomatiseerde of gerobotiseerde syste-

men voor wijnproduktie en -verwerking. De tentoonstelling staat voor het grootste deel in het teken van de produktie van geautomatiseerde systemen en het gebruik van elektronica voor een nog grotere precisie bij het ontwikkelen van wijnen. Daarbij moet worden gedacht aan inspectie-systemen, computergestuurd management van de wijnproduktie, temperatuur- en dichtheidscontrole voor het automatisch inspecteren van fermentatieprocessen enz.

Pierre Grenier, onderzoeker bij CEMA-GREF (Centre National du Machinisme Agricole, du Génie Rural, des Eaux et des Forêts), kondigde onlangs de resultaten aan van studies die waren uitgevoerd in het Montpellier onderzoekscentrum naar sensoren om de fermentatieprocessen te volgen. Een expertisesysteem wordt gebruikt om oenologische beperkingen te integreren. Dit is uiteraard aangepast aan de plaatselijke omstandigheden en processen van wijnmaken. Deze methode werd getest bij de Cave Coopérative des 4 Chemins in Laudun, waar het werd gebruikt om droge witte Côtes du Rhône wijnen te ontwikkelen. Het is vanzelfsprekend dat daarbij de expertise van de 'vigneron's' werd geïntegreerd.

Figuur 1 - Magali: boomgaarden in Saint-Laud (foto: D. Gauthier)



agro informatica 7(1) / februari 1994

## Suikergehalte in fruit meten

Een andere onderzoeker bij CEMAGREF, Véronique Bellon, ontwikkelde een glasvezel-sensor, een zogenaemde 'optode', voor het meten van het suikergehalte in fruit via oppervlaktecontact. Volgens conventionele processen kan het suikergehalte alleen worden bepaald door het fruit open te snijden en een stukje te analyseren. De optode werkt echter niet bij elk soort fruit. Zo is er voor meloenen een systeem ontwikkeld waarbij automatisch het suikergehalte wordt gemeten door het nemen van een monster, dat vervolgens wordt geanalyseerd door middel van spectrometrie. CEMAGREF's 'passieve' optode (een optische sensor met een buitendiameter van 3 mm) kan snel en eenvoudig de chemische samenstelling van fruit bepalen. De sensoren worden gemaakt volgens een techniek die is uitgevonden door Gilbert Boisdé, medewerker van de Atomic Energy Commission. Volgens deze techniek werken optische vezels als lichtgeleiders. Een aantal van de vezels in de sensor richten licht op het te testen onderwerp, terwijl andere het teruggekaatste licht opvangen. Door

de signalen te meten, valt de samenstelling te bepalen.

De sensor van Gilbert Boisdé en Véronique Bellon is met recht een wereldprimeur. Door deze 'spectrometrie' in het bijna infrarood-gebied (tussen 0.8 en 2.5  $\mu\text{m}$ ) toe te passen is een on-line, niet vernielende inspectie (zonder het nemen van een monster) mogelijk van het suikergehalte van verschillende soorten fruit (in dit voorbeeld appels en nectarines). "Glasvezeloptiek maakt het mogelijk om afstandsmetingen in zeer nauwe gebieden uit te voeren", legt Véronique Bellon uit. "Multiplexing is mogelijk: een enkel meetinstrument is in staat om de signalen van verschillende sensoren te ontvangen. Omdat de sensor van glas is gemaakt, is hij ongevoelig voor zuren. Bovendien zijn optische vezels ook immuun voor elektromagnetische storingen."

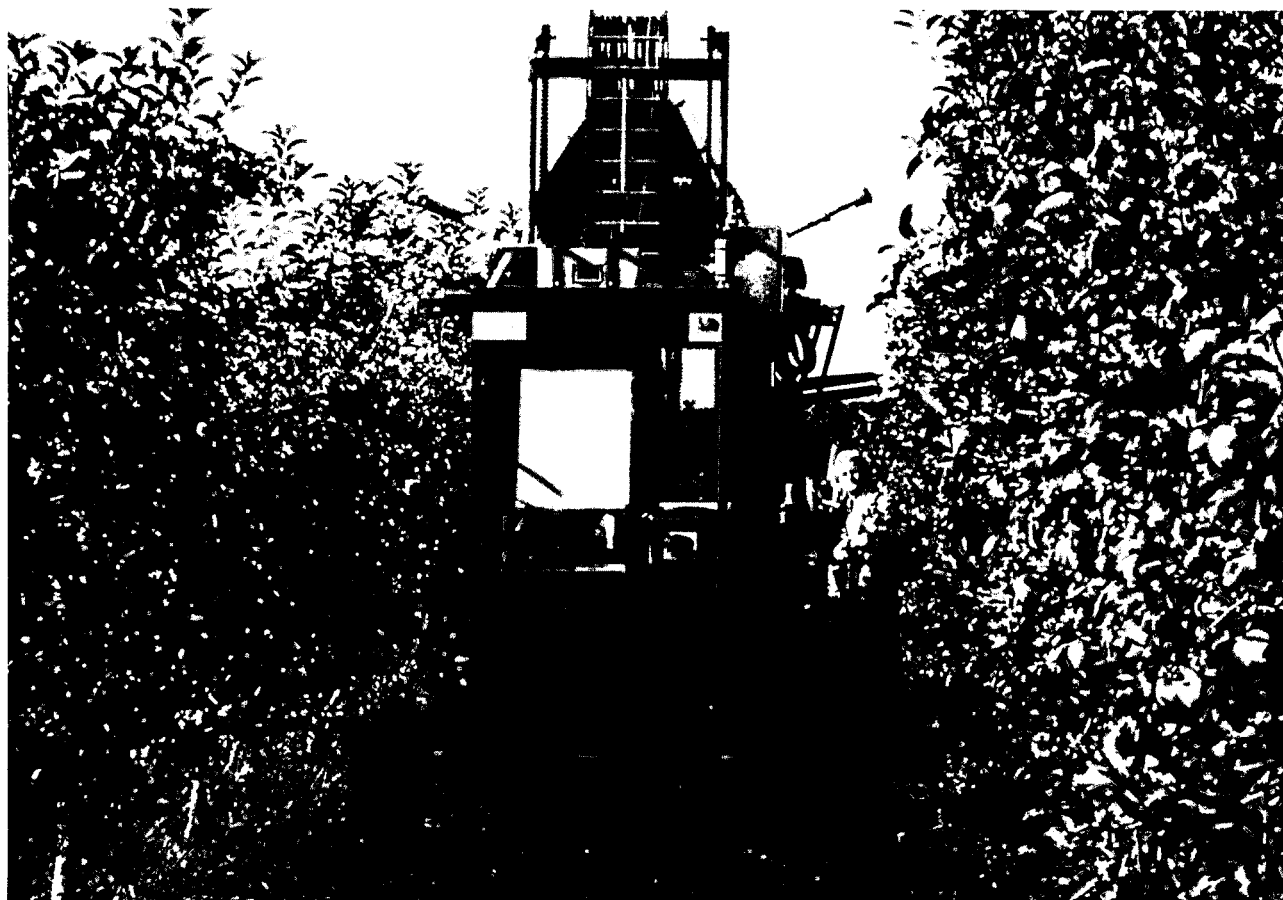
Verschillende soorten optodes zijn onderzocht: de eerste bevatte 60 optische vezels met een optisch transmissiegebied tussen de 1 en 2  $\mu\text{m}$ . De 'retourvezels' vormen daarbij een krans rond de 'zendvezels'. In een tweede configuratie

worden 19 vezels, gemaakt van fluorescerend glas (met een bandbreedte van 2 tot 3  $\mu\text{m}$ ) gebruikt. De vezels zijn zo compact mogelijk gearrangeerd. Bovendien is de rangschikking zodanig, dat het signaal dat via de 'retourvezels' wordt ontvangen optimaal is.

De kwaliteit (smaak) van nectarines kan simpelweg worden gemeten door het fruit met een optode aan te raken. Licht penetreert tot een diepte van 0,6 tot 0,8 mm onder de huid, en dat is precies het gebied waar het suikergehalte het hoogst is. Het valt te verwachten dat binnen afzienbare tijd nectarines gesorteerd zullen worden naar smaak. Met de spectro-interferometrie zouden dan circa 20 vruchten per seconde verwerkt kunnen worden.

Men moet echter geen appels met nectarines vergelijken. Bij appels beïnvloedt het glucosespectrum dat van de suikers. "We gaan door met ons onderzoek naar het suikergehalte van appels door het bovenste deel van de vrucht met bijna infrarood te onderzoeken", zegt Véronique Bellon, die haar techniek ook toepast in onderzoek naar de proteïnen in meel.

Figuur 2 - Appelpluk-robot (foto: D. Gauthier)



## Robotisering in de land- en tuinbouw

De ontwikkeling van produktiemethoden bij land- en tuinbouwbedrijven en verhoging van de produktiviteit zijn gekoppeld aan het gebruik van nieuwe gerobotiseerde machines, die in aantal toenemen en voor een deel de menselijke kracht en intelligentie vervangen.

Desondanks wordt de toename van het aantal robots in de land- en tuinbouw en veehouderij geremd door de fractionering van de markt. Vanwege de enorm gevarieerde behoeften van de verschillende segmenten en de bedrijven daarin (fruitplukmachines, trekkers, robots voor fruitstations, slachterijen en coöperatieve wijngaarden) hebben de verschillende potentiële toepassingen slechts een markt van hooguit een paar dozijn eenheden. Dat maakt de ontwikkeling en productie van machines vaak niet rendabel.

CEMAGREF is het grootste Franse onderzoekscentrum dat zich specialiseert in

agrarische robots. Daarbij vormde het jaar 1986 het begin van de agrarische robots toen B. Bonicelli een prototype voor een gerobotiseerde ploeg ontwierp. Hij onderzocht de mogelijkheid om robottechnieken te gebruiken voor mechanisering van de bosbouw. "Deze materie vereist een volledig begrip van het ontwerp van samenhangende elektronisch-hydraulisch-mechanische systemen, het nemen van positiemetingen door telemetrie of proxymetrie (nabijheidsmetingen), de automatisering van hydraulisch-mechanisch complexe systemen en real-time management van het proces."

## Robotisering van de fruitoogst

CEMAGREF's Magali Programma, dat wordt geproduceerd door twee industriële partners (Pellenc & Motte voor de mechanische aspecten en SAGEM voor de elektronica), is gericht op het vinden van nieuwe manieren om vers fruit te oogsten met een autonome robot. Deze beweegt in een gestructureerde omgeving als een boom-

gaard. De robot moet in staat zijn om elke stap uit te voeren, die betrekking heeft op het plukken en verwerken van vers fruit en om het na het verpakken op te slaan.

Het basisidee is zowel simpel als origineel. Door een speciale camera kan de machine het meeste fruit aan een bepaalde boom waarnemen. Indien een stuk fruit zichtbaar is, volgt daaruit dat er een baan is, vrij van obstakels, tussen vrucht en camera.

Een 'plukker' beweegt zich vervolgens langs deze baan en stopt na contact met de vrucht, waarna deze wordt geplukt. Hierdoor is vooraf meten van de afstand tussen camera en vrucht niet nodig. De structuur van de robot maakt de werkzaamheden mogelijk. De camera bevindt zich in het midden van de machine en dus centraal in het bereik van de bewegende 'plukarmen'. De robot heeft een ingebouwde 'lift' die het mogelijk maakt om de totale vruchtboom leeg te plukken. Magali's robotarm moet echter niet alleen in staat zijn om het fruit te pakken en te plukken, maar het ook van-

## SAGEM - specialist in mobiele robotiek

Het Franse bedrijf SAGEM is een van de grootste specialisten op het gebied van controle en beheersing van bewegingen van land-, zee- en luchtvoertuigen.

SAGEM (Société d'Applications Générales d'Électricité et de Mécanique) is een high-tech Frans bedrijf met circa 6000 medewerkers, dat in 1991 een orderportefeuille had van 5.305 miljoen Franse francs (circa 1.8 miljard gulden). Het levert onder meer apparatuur aan de auto-industrie en andere bedrijfstakken.

Het bedrijf is met name actief in het ontwikkelen van nieuwe civiele applicaties voor elektronica, bijvoorbeeld in de auto-industrie als deel van het Europese Carminat Programma (gericht op het assisteren van bestuurders bij de navigatie). SAGEM is de Franse specialist op het gebied van on-board elektronica. De expertise op het gebied van navigatiesystemen heeft het mogelijk gemaakt dat het een belangrijke rol speelt in de ontwikkeling van mobiele geobotiseerde systemen.

Onderzoeksprogramma's worden thans uitgevoerd om manieren te ontwikkelen om deze technieken van toegepaste geautomatiseerde systemen toe te passen op landvoertuigen. Panorama (Perception And Navigation System for Autonomous Mobile Application) is een vijfjaren project dat wordt uitgevoerd onder de leiding van SAGEM. Het brengt Europese fabrikanten van mijn- en bosbouwmachines, leveranciers van apparatuur en Europese laboratoria samen. Het is in principe een ambitieus integratieproject. Het maakt gebruik van elke geautomatiseerde techniek en robotiek, alsmede sensoren voor navigatie en locatiesystemen, elektronische architecturen, plus kunstmatige intelligentie om tot het een perfecte voorbereiding te komen van de missie die het moet uitvoeren en controleren.

SAGEM ontwikkelde derhalve een testvoertuig om experimenten uit te voeren op verschillende soorten van technolo-

gie, die een gevolg zijn van dit project. Het gaat hierbij om een autonoom, bestuurderloos voertuig met vierwielaandrijving, dat met lage snelheid beweegt (5 tot 10 km per uur). De besturings-, rem- en acceleratiecommando's zijn allemaal geautomatiseerd. Het voertuig beweegt binnen een relatief gestructureerd industrieel terrein. Daarbij werkt het met op het dak geplaatste sensoren. De on-board intelligentie is met recht state-of-the-art.

Een laser-perceptiesysteem maakt het mogelijk om vooraf elk object te ontdekken dat in de weg staat. Het voertuig is vervolgens in staat om de beste actie te nemen als het veranderen van koers. Tegelijkertijd wordt een bepaald aantal beperkingen in acht genomen.

Een in twee bewegingsrichtingen te verstellen camera helpt bij de automatische plaatsbepaling volgens visuele markeringen. 'Kegels' worden op exacte locaties geplaatst. Deze maken het mogelijk dat de robot zijn positie bepaalt met een nauwkeurigheid van tien centimeter.

Voor bepaalde applicaties kan een GPS satellietnavigatiesysteem de robot binnen een paar meter van zijn doel brengen. Of, voor minder nauwkeurige plaatsbepaling, binnen honderd meter van het doel. Het voertuig gebruikt eveneens navigatiegegevens van zijn ingebouwde traagheidsensoren: gyroscoop (koersindicatie) en odometer (afgelegde afstand).

Het project concentreert zich op de ontwikkeling van een rupsvoertuig voor rotsboringen in mijnen. Het is de bedoeling dat dit in september 1993 in gebruik wordt genomen (Dit artikel is geschreven in mei 1993, red.). Om zijn taak zo efficiënt en accuraat mogelijk uit te voeren en om het aantal gaten dat moet worden geboord te minimaliseren, is het noodzakelijk om de machine met aanzienlijke precisie te positioneren (binnen 10 tot 20 cm).

uit de boom naar beneden te brengen zonder het te laten vallen.

Het apparaat staat op een autonome wagen, die automatisch langs de rijen van de boomgaard beweegt.

Het prototype heeft een compleet verwerkingssysteem voor vers fruit en bovendien een 'zicht-systeem', waardoor het in staat is om fruit ook in een moeilijke omgeving met takken en bladeren te herkennen.

## Eureka Citrus Project

Het Eureka Citrus Project is uit dit systeem voortgekomen. Het is de tegenhanger van het Magali Project, maar dan toegepast op citrusvruchten. Het is met name bedoeld om de problemen te bestuderen die optreden bij het plukken van sinaasappels. Dit is een veel complexere operatie dan het plukken van een appel. Het resultaat van dit project is een robot die belangrijk is voor alle citrusvruchtenkwekers. Niet alleen in landen rond de Middellandse Zee, maar ook in Californië.

Het concept van pluk- en oogstroboten kan worden uitgebreid om een breed gamma van applicaties te bestrijken. Zoals het oogsten van bijvoorbeeld champignons of broccoli (een studie die wordt uitgevoerd bij de Coopérative de Pau).

In het district Champagne wordt op dit moment onderzoek gedaan naar de haalbaarheid van het robotiseren van druivenpluktechnieken. Een hindernis is het feit dat wijnmaken een bijna perfecte tros druiven vereist. Een optisch systeem moet onderscheid maken tussen de druiven en hun omgeving (bladeren, zon, lucht, rijen wijnstokken). Bij het plukken van een tros druiven imiteert de robot de bewegingen van een ervaren druivenplukker. Nieuwe procedures voor het schudden van de wijnstokken door ze verticaal in trilling te brengen lijken veelbelovend.

Methodes voor het oogsten van tomaten (zowel op het veld als in de kas) en uien, alsmede het planten van gewassen, worden bestudeerd. Interesse is ook getoond in het vinden van manieren om bij boom-

kwekerijen bomen en struiken te sorteren en te verwerken.

In een natuurlijke, ongestructureerde omgeving, zoals een open veld, moet een autonome, mobiele robot zijn uitgerust met een plaatsbepalingssysteem, zodat het zijn koers ter plekke kan bepalen. Zo'n machine moet ook over een groot aantal ingebouwde veiligheidsfactoren beschikken. Daarvoor is onder meer een optisch systeem ontwikkeld. Dit omvat een roterende 'high-frequency' radar en de plaatsing van passieve reflectoren rond het veld. De robot heeft een zekere mate van kunstmatige intelligentie, die het gebruikt om zijn positie en koers te bepalen. Dat gebeurt via

driehoeksmetingen door het ontvangen van signalen die worden teruggekaatst door reflectoren rond het veld.

## Robotisering in de veehouderij

In de veehouderij besteedt CEMAGREF speciale aandacht aan het melken. Als onderdeel van het Eureka onderzoekprogramma is CIMIS (Computer Integrated Milking System) een Frans-Nederlands samenwerkingsverband. Jean-Bernard Montalescot (CEMAGREF) was verantwoordelijk voor de eerste melk-meters en de eerste geautomatiseerde managementsystemen. Hij verdient de credit voor het op-

zetten van gerobotiseerde melkprogramma's. Hij begon al in juni 1990 met een dergelijk soort robot te experimenteren.

De werking is als volgt. Zodra een koe de melkstand inloopt, wordt dit gesloten. Daardoor kan de locatie van de uiers grofweg worden bepaald. Met een laserstraal en een camera kan men nauwkeurig de exacte positie van de vier spenen bepalen. Onder de koe zijn vier armen met een tepelbeker geplaatst. Deze nemen hun posities onder de uiers van de koe in. Een infrarood geleidings-systeem plaatst elke zuigmond rond de betreffende speen en het melken kan beginnen.

## Landbouwwerktuigen

Het Centaur Programma is gericht op het ontwikkelen van een intelligente trekker. Het programma wordt uitgevoerd in samenwerking met Renault Agriculture (Vélizy) en SAGEM. Het gaat hierbij om een lange-termijn studie. Het omvat verschillende stappen voor het marketen van zowel de trekker als de werktuigen.

CEMAGREF werkt samen met Renault Agriculture en SAGEM, in het kader van het Centaur Project, aan de ontwikkeling van een trekker die gebruik zal maken van 'state-of-the-art' ontwerpmethodes en micro-elektronische technieken. De 'Trekker van het jaar 2000' is uitgerust met een ergonomisch efficiënte cabine, die meer op een mobiel kantoor lijkt. Een gebruikersvriendelijke dialoog tussen bestuurder en machine zal een realiteit zijn, terwijl high-tech geautomatiseerde systemen een eind maken aan zich herhalende, vervelende taken. Daarbij wordt gebruik gemaakt van elke mogelijke servoregeling en elektronisch bediende hydro-mechanische systemen die maar mogelijk zijn. "Het resultaat is een geïntegreerd, 'totaal systeem'", vertelt Bertrand Robert (Renault Agriculture). "Betrouwbaarheid zal worden verbeterd door een constante toepassing van diagnosetechnieken door een expertisesysteem. Daardoor is on-board voorspelling over onderhoud mogelijk."

## Optische analyse voor sorteren van groenten

De kwaliteit van groenten wordt bepaald door hun vorm en dus is dit een gebied voor computergestuurde, optische controle. De techniek wordt al toegepast om aardappelen te meten. Hierbij wordt twee ton per dag gesorteerd (40 aardappels per seconde, geplaatst op een lopende band die beweegt met een snelheid van 20 meter per minuut).

Het computersysteem, inclusief vier Motorola 68000 processoren op een VME-bus, verwerkt twaalf beelden van elke aardappel waarmee deze wordt gemeten, zijn gewicht wordt geschat en dienovereenkomstig gesorteerd. Het systeem is met name geschikt voor een algoritme die beelden herkent van aparte aardappels en van aardappels die tegen of over elkaar liggen.

ARFRA (Laboratoire d'Automatique de Reconnaissance des Formes et de Robotique Agricole, Bordeaux) heeft in samenwerking met een lokaal bedrijf (Proditec) een oplossing uitgewerkt voor de problemen die optreden bij het sorteren van sperziebonen in conservenfabrieken. Dit gebeurt tegenwoordig nog veelal handmatig.

Het is dan ook niet verwonderlijk dat de menselijke sorteers onderhevig zijn

aan vermoeidheid, zodat hun capaciteit danig vermindert. Geautomatiseerde apparatuur heeft daar geen last van. Een prototype heeft weken achter elkaar met een constante snelheid twee ton sperziebonen per uur gecontroleerd. Die bewegen daarbij in twaalf rijen over een lopende band, met een snelheid van 0,75 meter per seconde, onder een 2000 punts lineaire camera.

Hierbij is het noodzakelijk om te weten hoe de machine moet worden geprogrammeerd met de goede algoritmen voor het elimineren van gekneusde, zieke of niet goed gesneden bonen (het gebruik van colorimetrische analyse is beslist vereist); voor het uitsorteren van bonen die te dik zijn (een diameter van meer dan 8,5 mm) of te kort (een lengte van minder dan 50 mm) of voor het scheiden van extra fijne bonen (een diameter van tussen 6,5 en 8,5 mm).

Bonen zijn nu eenmaal niet perfect recht. Om ze toch te kunnen controleren, worden via een speciale vergelijkingsanalyse metingen uitgevoerd.

Deze controles vinden zeer snel plaats. De optische analyse werkt echter niet goed als twee bonen te dicht bij elkaar of over elkaar heen liggen.