

Quelle instrumentation pour sortir du laboratoire ?

*Comment développer une instrumentation adaptée aux
contraintes de mesures industrielles ou au champ.*

Véronique Bellon Maurel

UMR Cemagref- ENSAM- CIRAD

Information et Technologies pour les Agro-procédés.

Cemagref, BP 5095, 34 033 MONTPELLIER Cedex 1

veronique.bellon@cemagref.fr

... l'instrumentation à la base...

- Des centaines de publications existent sur le SPIR, en général sur le **développement d'applications** à divers produits.
- Il y a beaucoup **moins de travaux de type méthodologique** appliqués soit à l'instrumentation, soit au traitement des données;
- Or les nouveaux instruments sont **fondateurs de nouvelles applications**, de type scientifique (développement des connaissances sur un produit) ou professionnelle (utilisation par des agriculteurs, des industriels...).

Objectif des travaux du Cemagref

Les travaux du Cemagref concernent des **développements méthodologiques** sur:

- **l'instrumentation**: mise au point de systèmes de mesures adaptés aux conditions réelles (l'usine, le champ...).

Ces systèmes d'acquisition, robustes et peu coûteux, fournissent des signaux de moindre qualité qu'en laboratoire, d'où la nécessité de développements dans le domaine de...

- **la chimométrie**: et notamment de la robustesse des mesures (exposé de JM Roger)

La démarche

Une **démarche méthodologique en 4 étapes** pour répondre au challenge du développement d'appareillages innovants en contexte industriel:

Etape 1: Etablir le cahier des charges

Etape 2: Tester technologie et montage choisis en conditions de laboratoire

Etape 3: Etudier des grandeurs d'influence sur la mesure.

Etape 4: Réaliser et mettre en œuvre le capteur et...recommencer

Au delà des problèmes d'ingénierie, cette recherche soulève des problèmes scientifiques liés à la **compréhension de l'interaction matière / rayonnement**

Etape 1: Etablir le cahier des charges

**Y souligner les contraintes fortes:
rapidité, mesure à distance, précision, modularité,
robustesse, coût ou facilité de maintenance de l'appareil??**

Choix de la **technologie qui satisfait la contrainte la plus forte**

Ex: rapidité => détection simultanée de plusieurs canaux (détecteur multicanal, filtres)

Modularité => large gamme spectrale...

Etape 2: Tester technologie et montage choisis en conditions de laboratoire

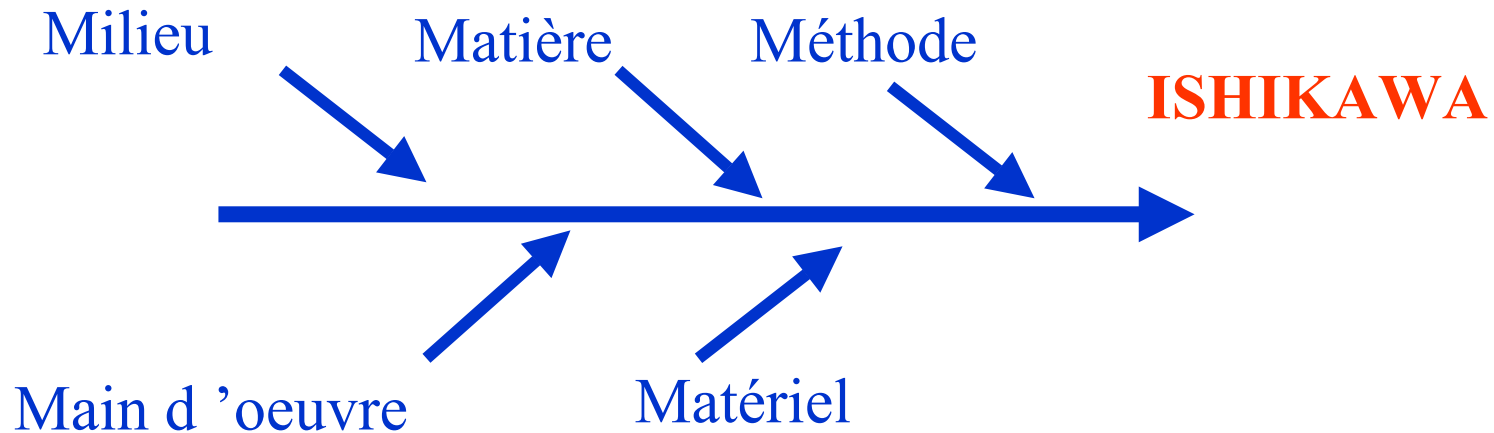
Question: les performances obtenues (SECV, SEP) sont elles compatibles avec le cahier des charges ?

Ex: l'erreur du modèle doit être bien inférieure à l'erreur attendue pour le produit final car s'y rajouteront ensuite les effets des Grandeurs d'influence

Lors de cette étape, optimisation de l'interfaçage entre le capteur et Produit tel que étude de la pénétration du flux dans le produit...

Étape 3: Etude des grandeurs d'influence sur la mesure

Les grandeurs d'influence affectent le résultat de la mesure.
Une étude rigoureuse est indispensable: **Listing**



Test des grandeurs d'influence (Température, alimentation, lumière parasite...)

Prise en compte dans l'engineering ou dans le traitement des données (voir JM Roger)

Étape 4: Réalisation du capteur, mise en œuvre et...re-engineering

- **Eviter** si possible l'effet des grandeurs d'influence
- Etudier la **répétabilité** des mesures, la **reproductibilité**
- En SPIR, l'un des points le plus difficile est l'**étalonnage**: La mesure de la performance d'un modèle doit intégrer non seulement l'erreur, mais également des termes pour rendre compte de la **robustesse**;
- **Maintenance**: éviter les interventions lourdes, mais ne pas chercher à tout faire de manière automatique. Par ex.: quelle fréquence pour un ré-étalonnage léger à partir d'étalons modèles ?

Exemples tirés du Cemagref...

- VISHNU: Système rapide de tri en ligne des fruits à partir de spectrométrie NIR (Pellenc SA).
- GLOVE: gant instrumenté comportant des capteurs miniatures pour mesurer la chlorophylle, la teneur en sucre, la taille et l'élasticité des fruits.

GLOVE

Projet Européen
1988-2002

Partenaires

- Cemagref (Fr)
- KUL (Be)
- ATB (Ge)
- Verhaert (Be)
- Apofruit (It)

Trois micro-capteurs:

Minispectromètre NIR-Vis

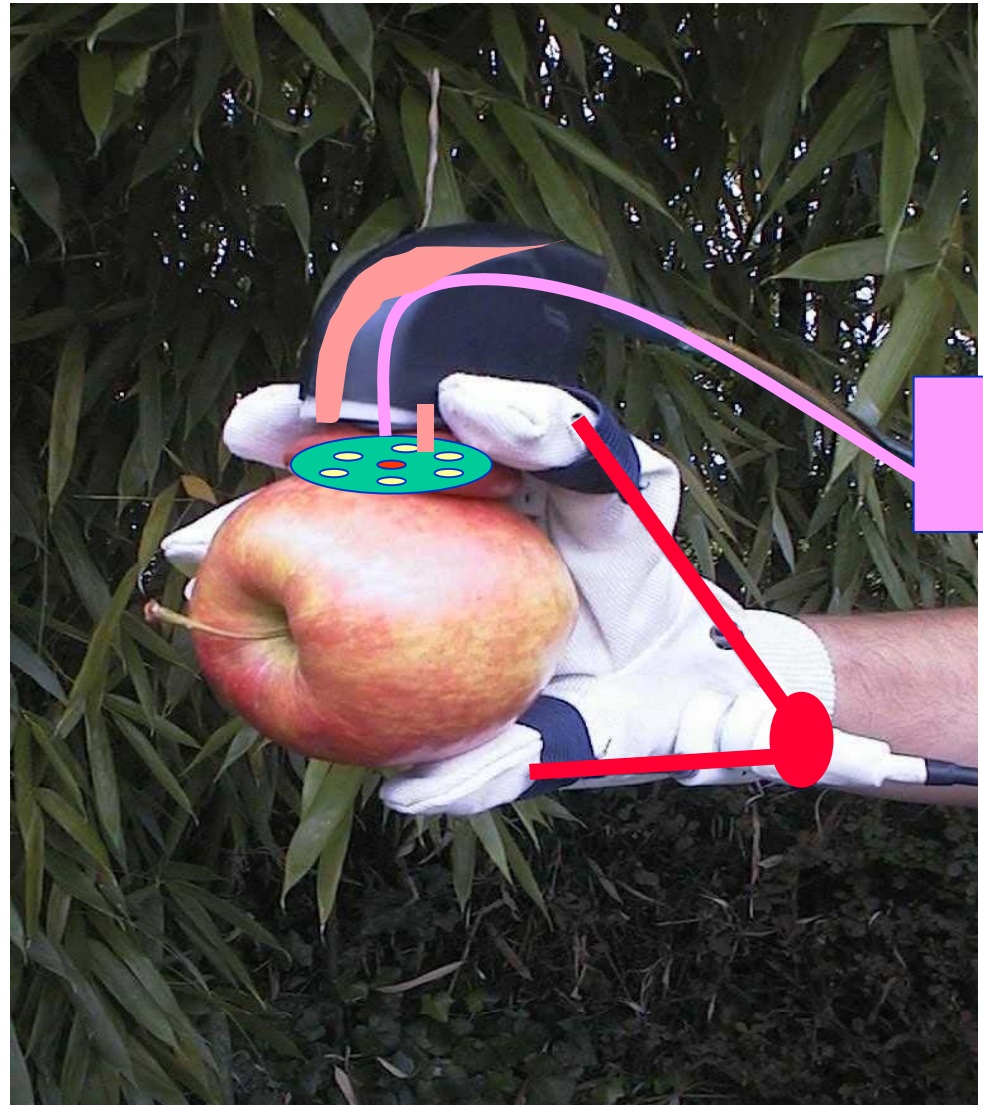
Capteur fermé acoustique

Calibre



UMR ITAP: Information et Technologie pour
les Agro-Procédés

Cemagref / ENSAM / CIRAD



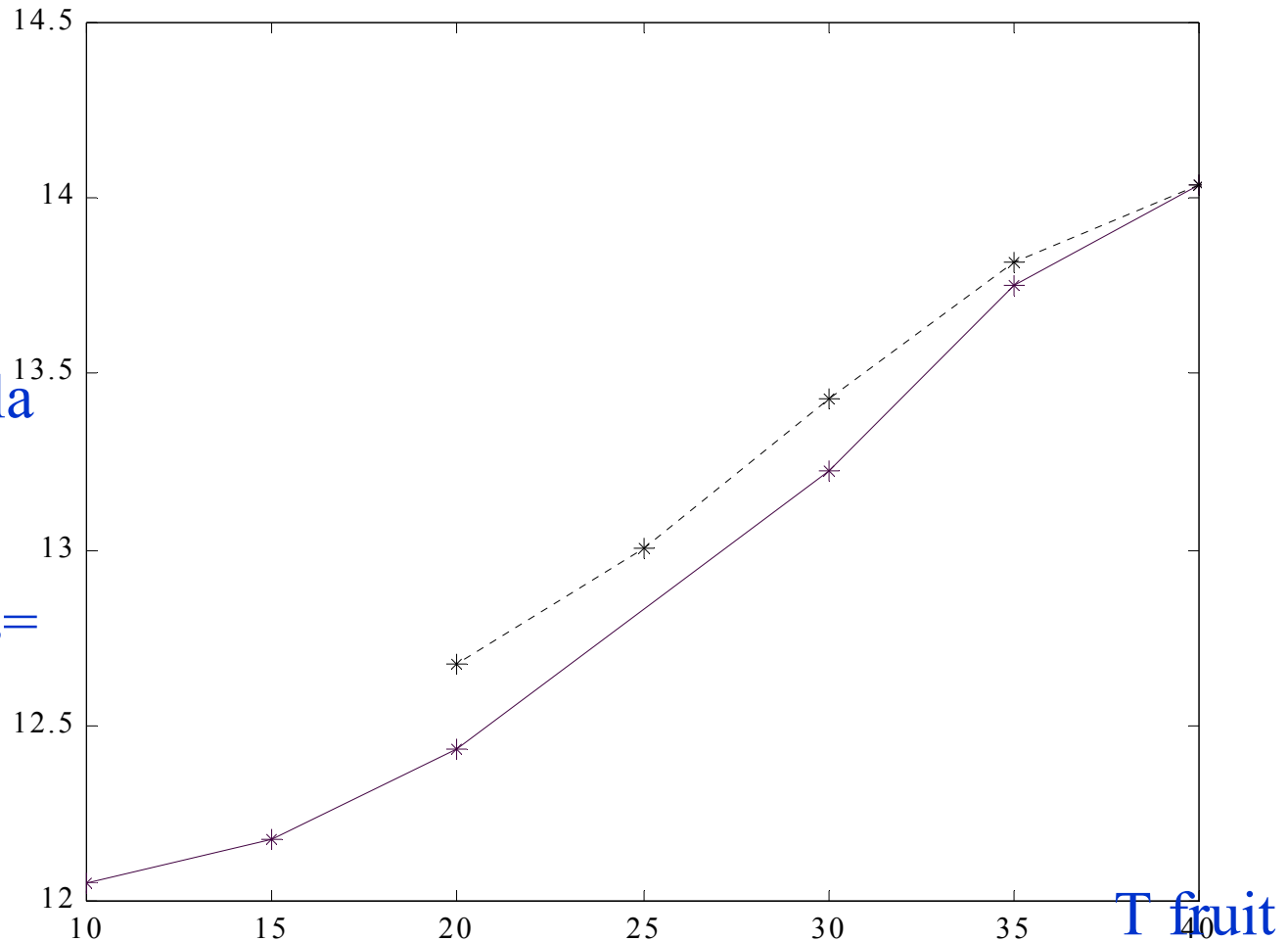
Glove: le challenge (en NIR)

- Faire des mesures en **milieu extérieur** (pb de la lumière parasite, de la température)
- **Facilité d 'usage**: intégrer le système dans un gant (pas un pistolet!)
- Eviter les fausses mesures (dus à la manipulation humaine)
- **Portable**: Réduire les consommations énergétiques

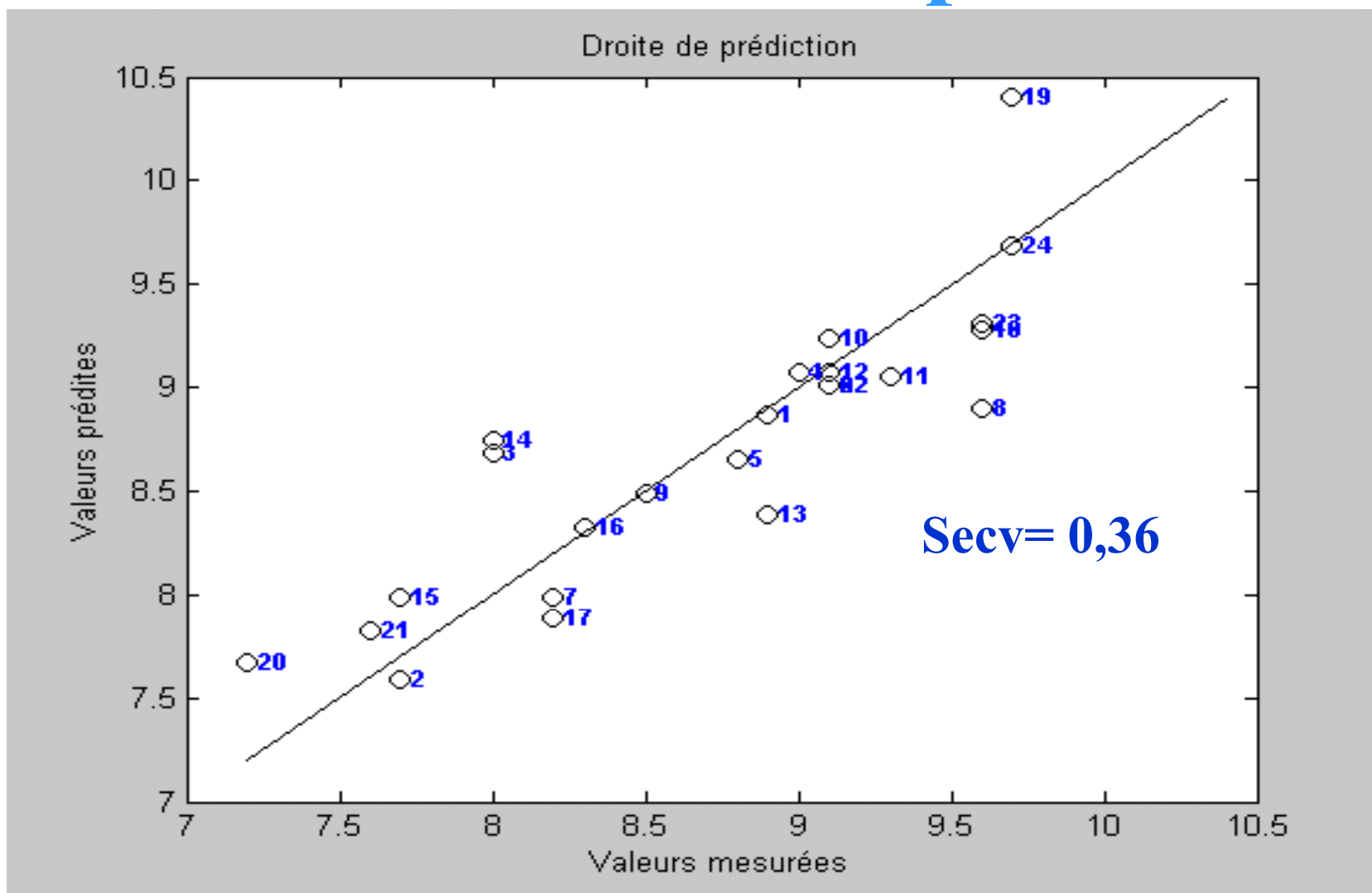
Glove: Influence des conditions extérieures

Moyenne

Evolution de la
moyenne de
taux de sucre
d'un lot (biais=
en fct de la
T° du fruit

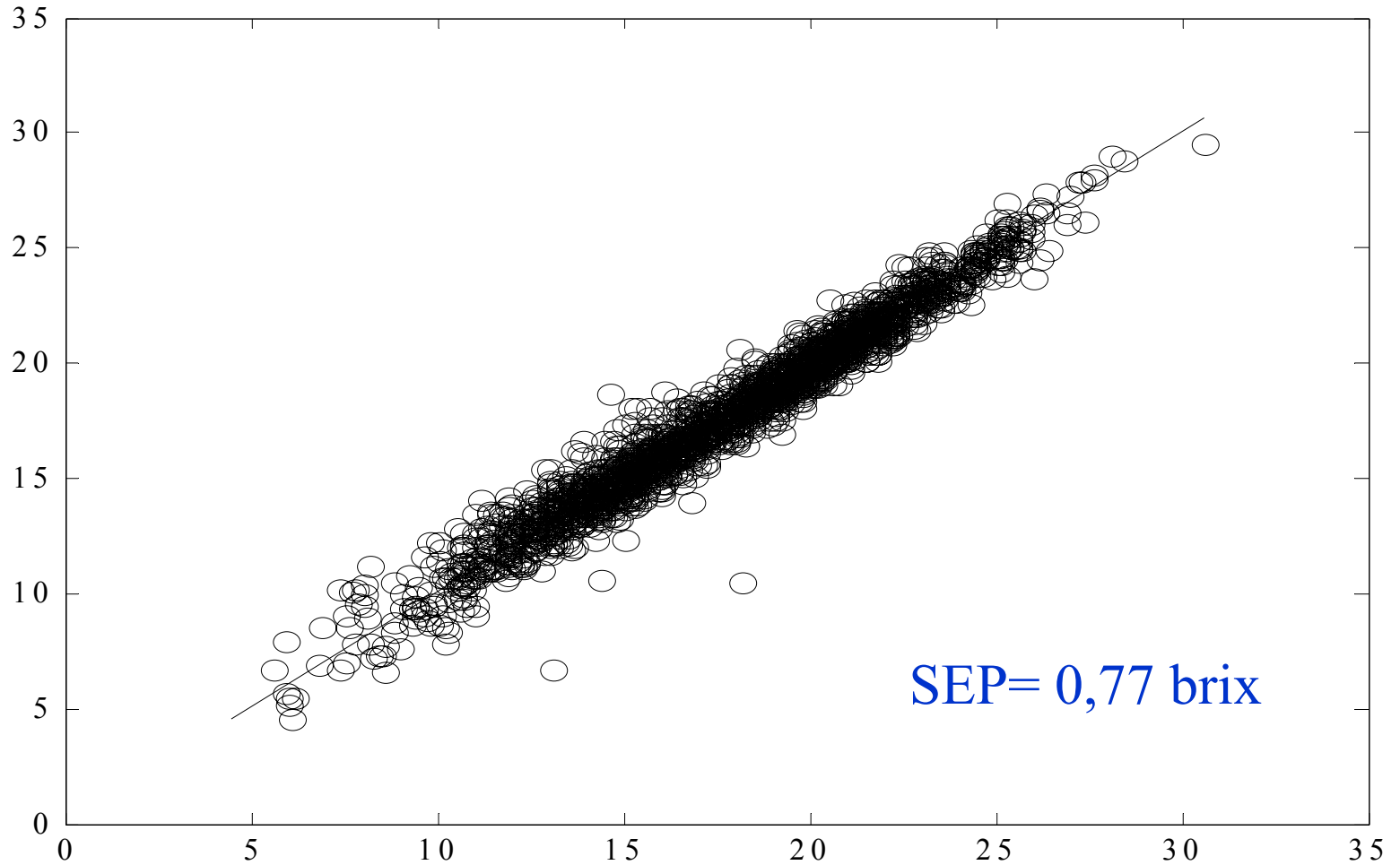


Glove: résultats sur pêches

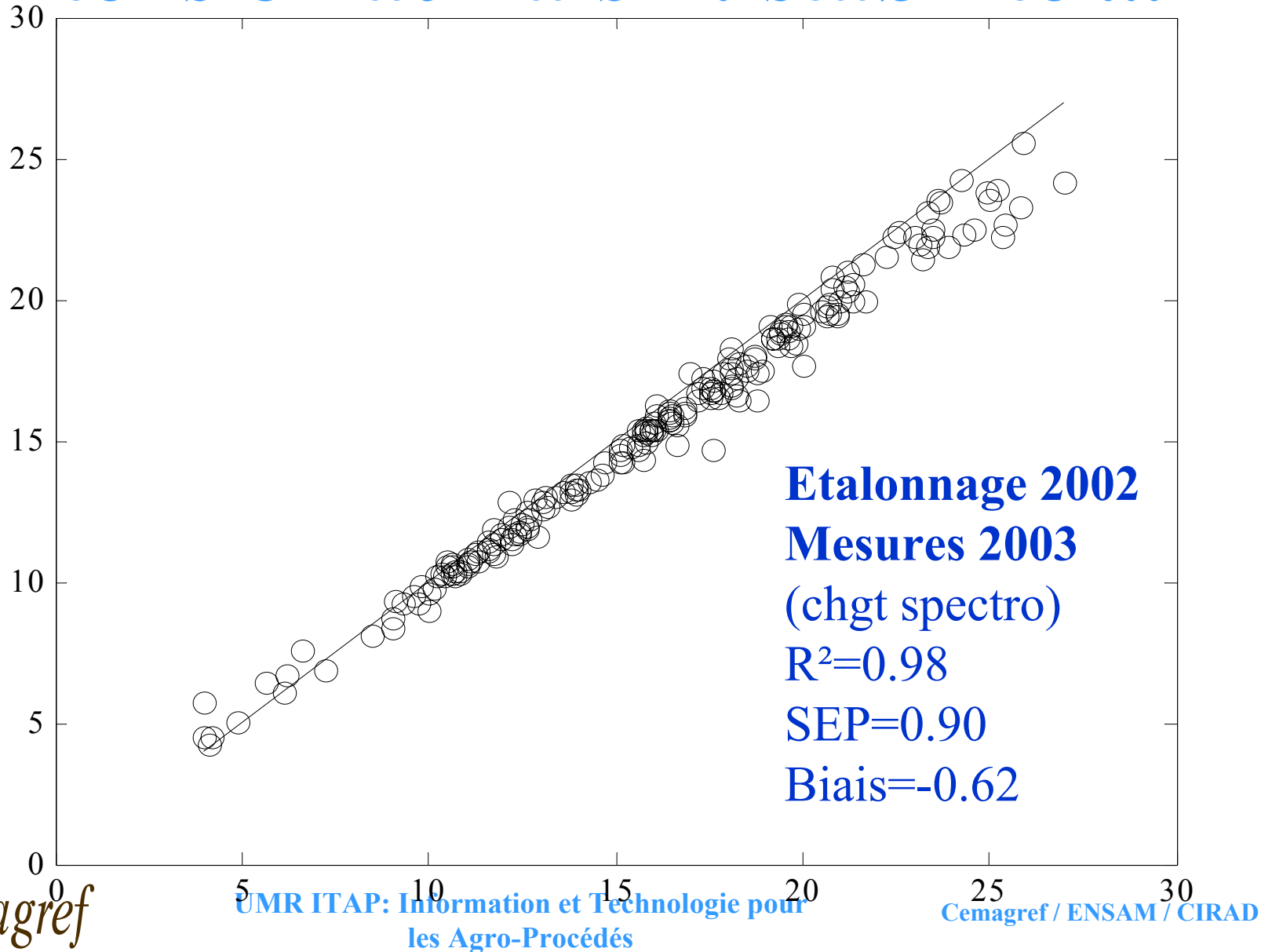


Extension au raisin: mesure du sucre

...

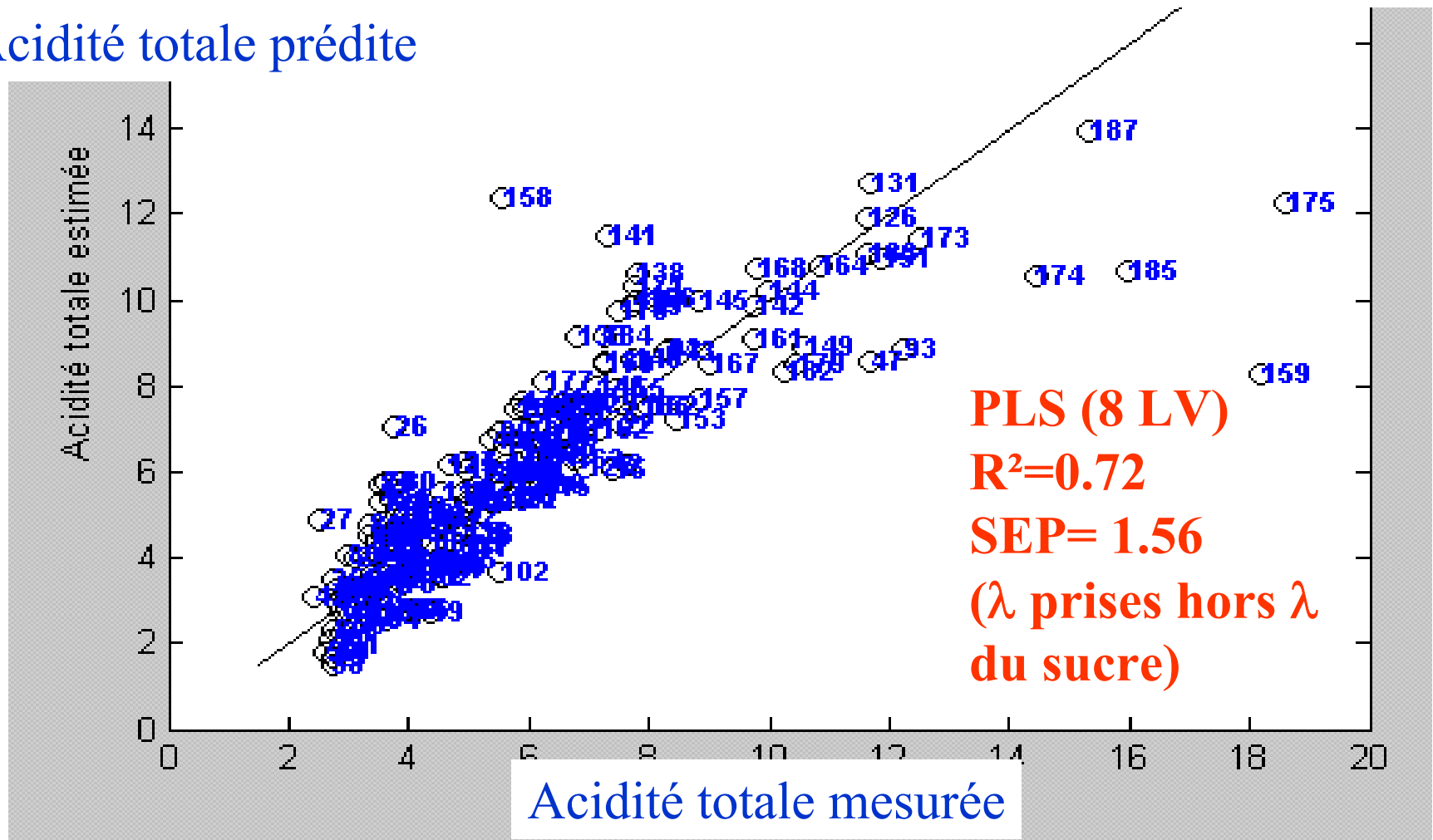


Extension au raisin: stabilité ...



...Extension au raisin: mesure de l'acidité ...

Acidité totale prédite

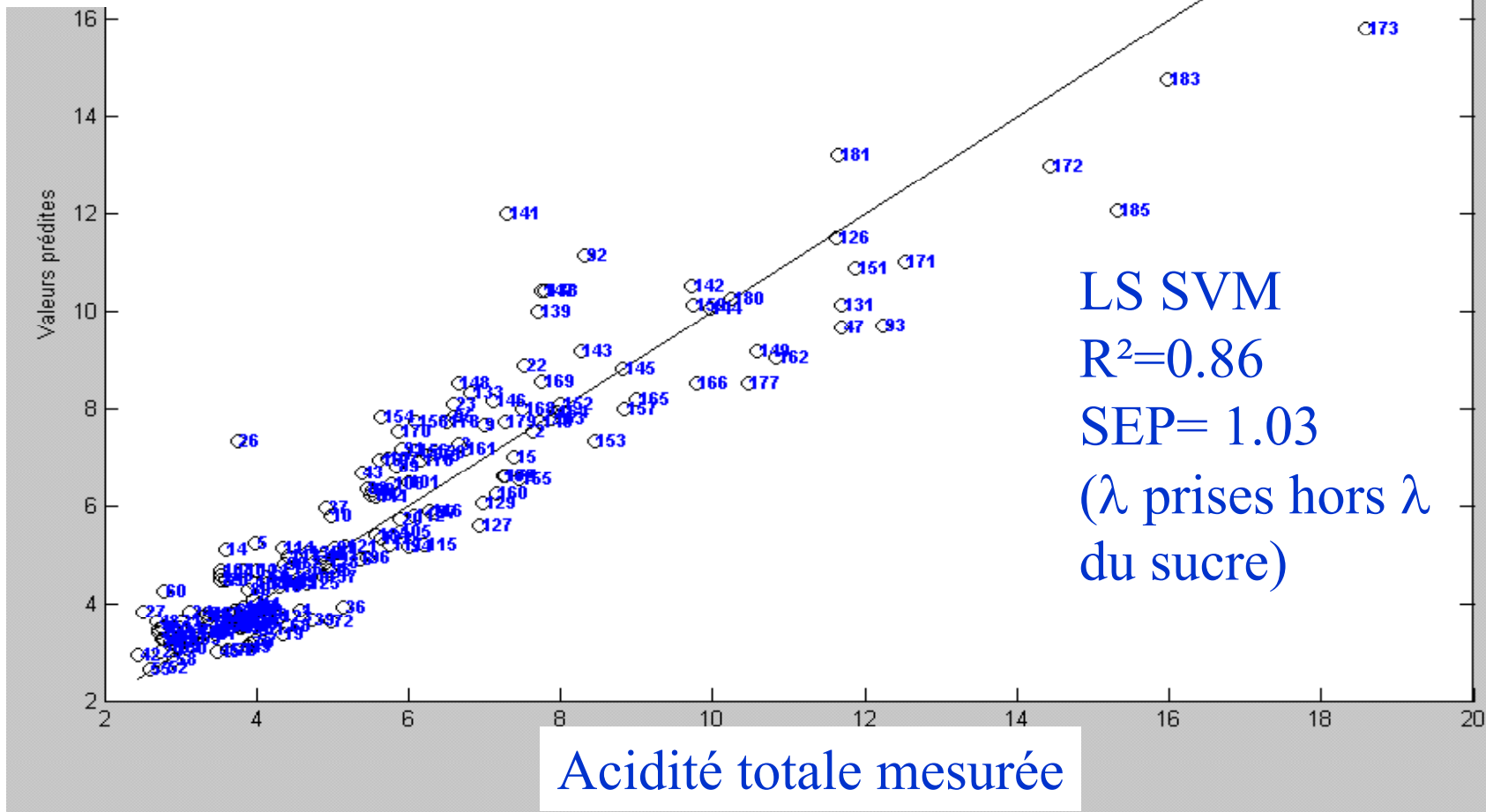


...Extension au raisin: mesure

Droite de prédiction

de l'acidité...

Acidité totale prédite



Conclusion: les points-clés

- **Veille technologique** sur les composants optiques disponibles: 1er système à barrette pour mesurer le sucre dans les fruits (92)
- Une approche qui combine la technologie et la connaissance sur la **physique de l'interaction**
- Une équipe **multidisciplinaire** qui comprend des spécialistes spectroscopie, instrumentation et chimiométrie.
- Une habitude de **collaboration** avec des industriels, et une bonne intégration des attentes industrielles.

Merci aux contributeurs

- **JM Roger:** Chercheur, spécialisé en chimiométrie
- **M. Crochon:** Ingénieur de Recherche spécialisé en physiologie des fruits
- **S. Lurol,** Ingénieur agro-alimentaire, spécialisé en mesures proche infrarouge
- **F. Chauchard Thésard,** mesures robustes sur fruits
- **M. Zeaiter,** Thésarde, chimiométrie (robustesse)