

ENSIA

Un four pilote sous contrôle : de la mesure au contrôle du procédé.

SOMMIER Alain, DOUIRI Imen
ENSIA-UMR Génial
1, av. des Olympiades
91744 Massy CEDEX
sommier@ensia.inra.fr

Sommaire

- Contexte et objectifs
- Mise en oeuvre d'un four pilote
- Quelques résultats
- Conclusion

Contexte et objectifs...

Contexte...

- L'ENSIA c'est :
 - Une école d'ingénieur en agroalimentaire.
 - Cinq laboratoires de recherche :
 - Science de l'aliment (SA)
 - Microbiologie industrielle (MI)
 - Economie de la production alimentaire (CEPAL)
 - Industries alimentaires pour les régions chaudes (SIARC)
 - Génie industriel alimentaire (GIA) ou Génie des procédés.
- Le génie des procédés consiste à associer des opérations unitaires afin de conférer des propriétés d'usage prédéfinies à une matière brute pour la transformer en un produit fini.

Le génie des procédés.

Il concerne tout à la fois :

- la conception,
- le dimensionnement et l'exploitation des équipements
- leur automatisatisation,
- leur agencement et
- l'aménagement de leur environnement.

Il nécessite donc une bonne connaissance des effets des diverses opérations unitaires sur le produit qui dépendent eux-mêmes des divers transferts d'énergie ou de matière mis en oeuvre par chacune d'elles. **Il vise finalement à l'optimisation des coûts** d'investissement et d'exploitation.

La particularité du Génie industriel alimentaire : origine agricole de la matière première.

Les enjeux dans les IAA.

- En 1998 *l'automatisation des procédés alimentaires* apparaît comme une des voies émergentes dans Food engineering [1].
- L'automatisation des procédés (+17%/an) est classée en tête devant les nouveaux procédés, nouvelles technologies et l'HACCP.
- Nécessité de maîtriser l'existant avec un enjeu majeur : traiter un produit en assurant qualité/sécurité alimentaire et coût de production.

Objectifs : cuisson maîtrisée.

Problème : depuis l'antiquité les fours ont peu évolué...

- Peu de mesure
- Mauvais contrôle des températures (TOR)
- Four tunnel : difficulté de trouver les bons réglages
= perte de produit importante.

Notre idée : **modification d'un four traditionnel doté**

- d'une instrumentation fine
- de nombreux outils de contrôle et de mesures.

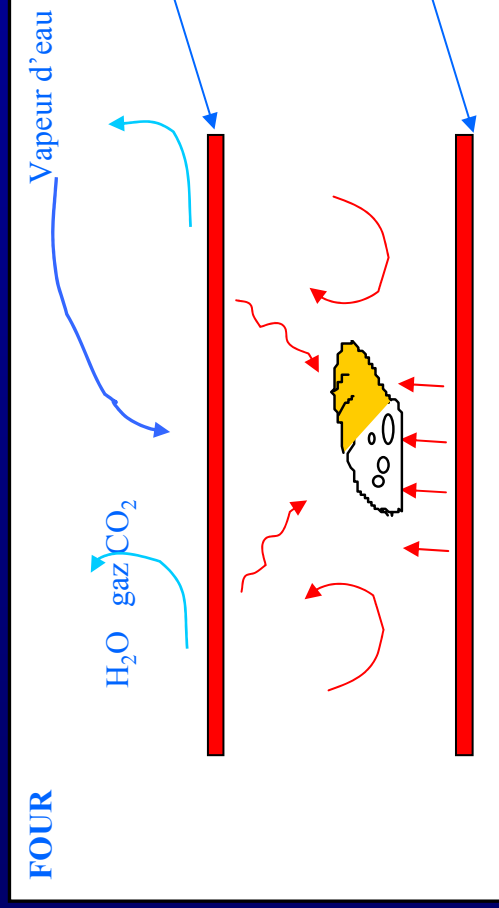
Mise en œuvre d'un four pilote ..

La cuisson.

● **La cuisson** : échange de chaleur four ↔ produit à cuire

Pâte  Expansion + Transformation physico-chimique → Pain

{ qualité organoleptique supérieure
meilleure aptitude à la conservation
meilleure digestibilité.



Mode de cuisson dit « traditionnel »

Les paramètres à maîtriser...

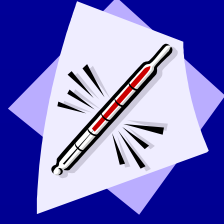
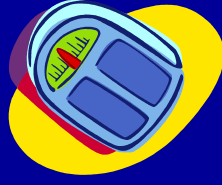
- La température en fonction du temps
- Mode d'apport de chaleur en fonction du temps :
 - Convection
 - Conduction
 - Rayonnement

Les paramètres à mesurer

- ◆ Le champ de température (dans l'ambiance ou dans le produit)
- ◆ La masse du produit en continu
- ◆ La couleur et le volume du produit
- ◆ La pression dans le produit
- ◆ L'humidité dans la cavité de cuisson

Le matériel...

- Un four ménager
- Trois régulateurs de température (RKC)
- Une balance (Sartorius)
- Une sole en béton de résine réfractaire
- Une caméra
- Un hygromètre à point de rosée
- Un système de mesure de température



Les contraintes

- Chaque appareil dispose d'un logiciel, souvent vendu par le distributeur, mais **on ne peut synchroniser les mesures.**
- **Impossible de stocker toutes les valeurs dans un seul fichier.** Encore moins de possibilité d'avoir une fiche de traçabilité liée au fichier.
- Recherche d'un **coût le plus bas possible.**
- **Evolution futures possibles.**
- **Intégration des capteurs dès la conception.**

La solution...



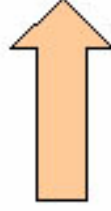
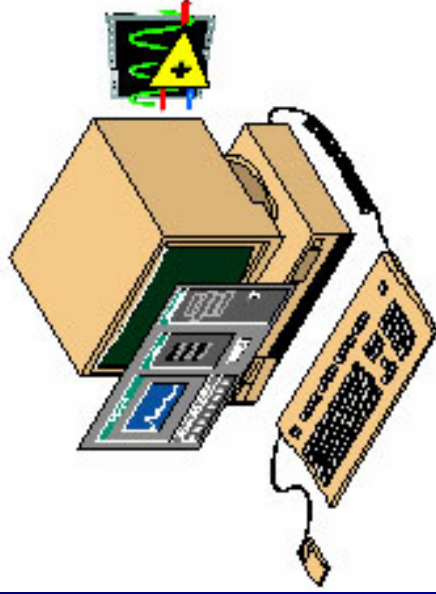
PCI 1411



PCI 4351



PCI 232/4



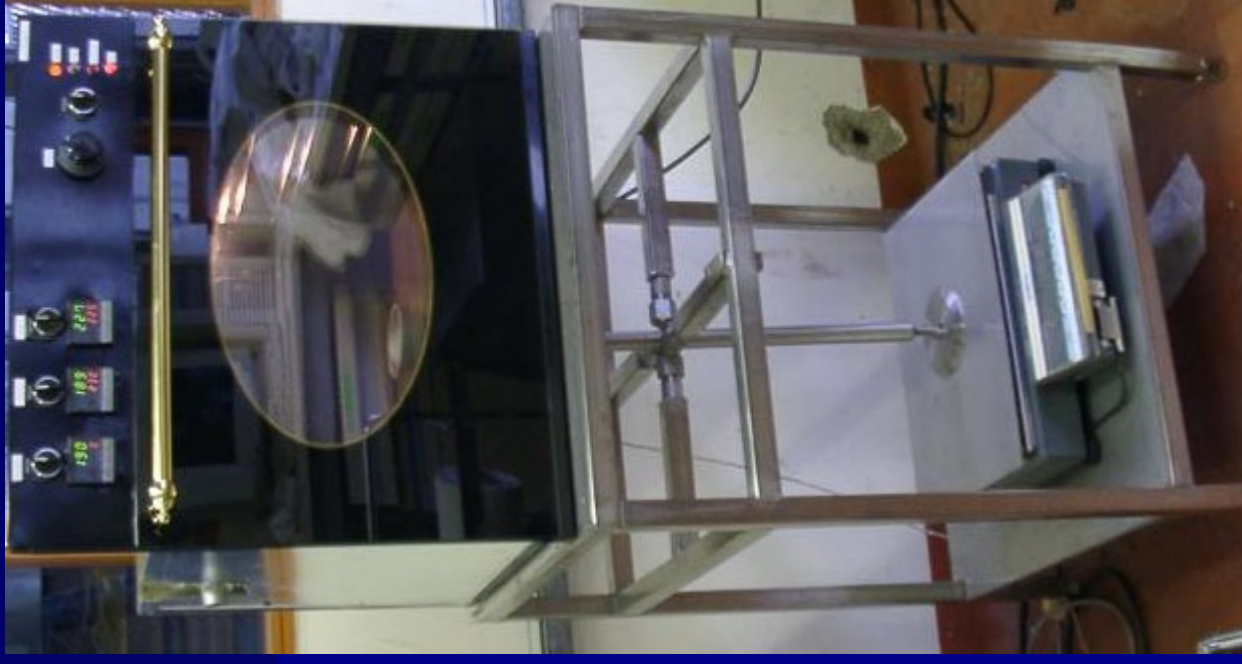
- Connecteur TC2190 :
- **14** Thermocouples avec compensation de soudure froide

- Capteur à point de rosé
- Balance Sartorius
- 3 Régulateurs RKC
- pilotage caméra (zoom, focus...)



Système de supervision et
hygromètre à point de rosée

Four pilote et système
de pesée en continue



Le superviseur

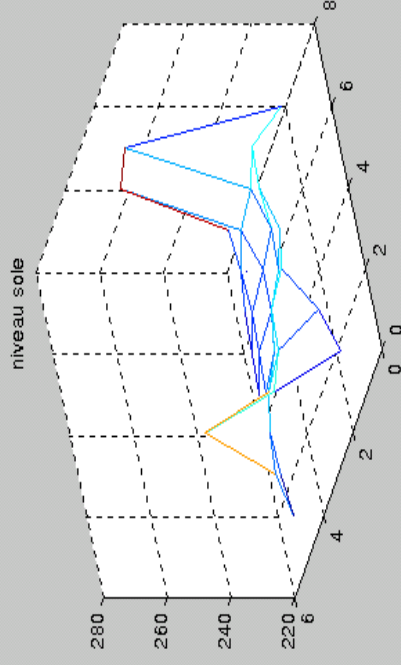
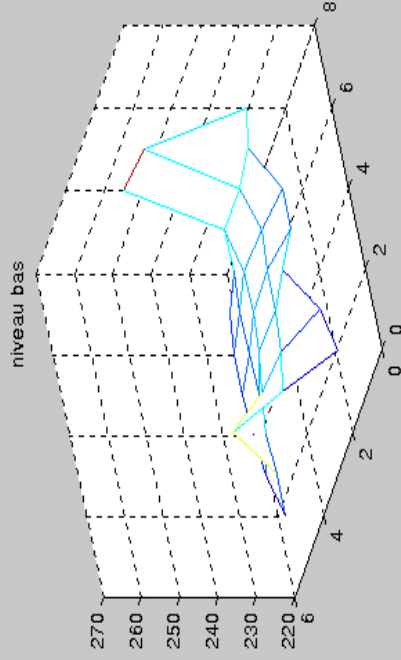
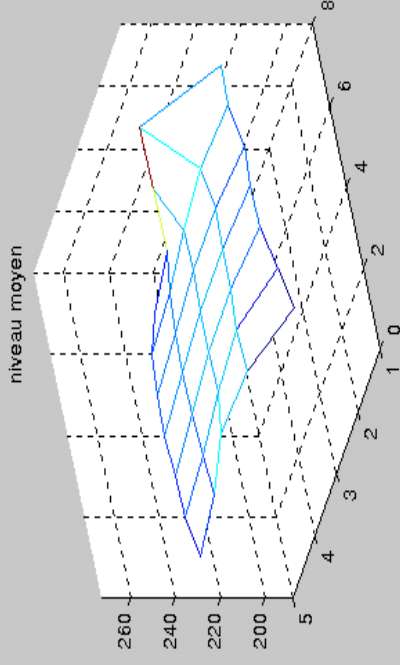
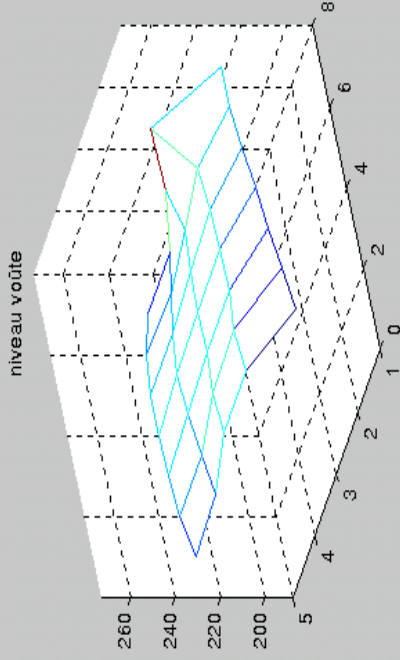
- LabVIEW communique facilement avec tous les appareils
- un simple programme supervise complètement l'application.
- Le manipulateur visualise tous les résultats et pilote les paramètres de cuisson à partir d'une interface logicielle conviviale et intuitive.
- Toutes les données, ainsi qu'une fiche de suivi, sont stockées au format tableur.

Face avant...



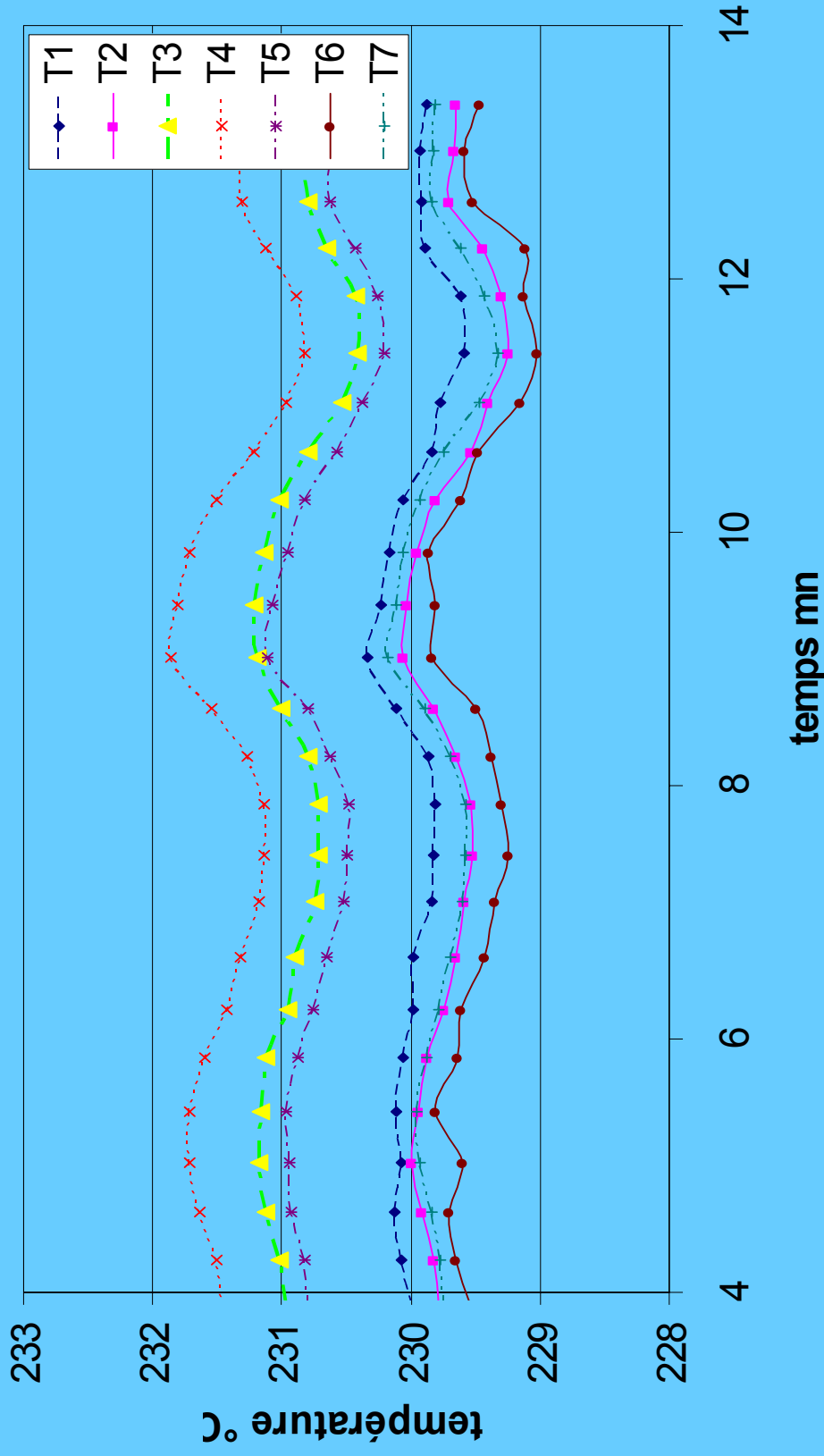
Quelques résultats

Plusieurs résultats...



Cartographie thermique du four aux quatre niveaux de la grille
Consignes: Sole 235°C – Voûte 240°C

Températures contrôlées...



Température dans la largeur du four à mi hauteur.
Consigne Sole 235°C Voûte 230°C

Diverses applications...

- La maîtrise du procédés de cuisson sa répétabilité permet d'étudier l'influence de la formulation sur le produit fini (divers partenariats en cours).
- Plusieurs publications scientifiques et techniques.
- Contrat industriel pour quantifier l'importance de la cuisson sur de nouveaux produits.
- Réalisation de plusieurs films pour la mise en œuvre d'un simulateur de cuisson
 - visible actuellement au palais de la découverte : exposition « A table »

Conclusions

- Le faible volume de la cavité de cuisson ainsi qu'un contrôle optimum du procédé nous permet de reproduire les conditions de cuisson de four industriel.
- Nous pouvons tester l'influence du procédé sur le produit fini ou l'influence de la formulation en assurant une reproductibilité des conditions de cuisson

Merci à tous...

