



## Le Livre Blanc des Procédés Batch

---

*Automation, Pilotage temps-réel et Traçabilité  
des procédés semi-continus ou « batch »*

## Sommaire

Sommaire .....	2
Glossaire .....	3
Introduction.....	5
Un potentiel de flexibilité et de productivité important.....	6
Polyvalence des équipements.....	6
Parallélisme des productions .....	6
Au prix d'une complexité ?.....	6
Automatisation : SNCC et automates programmables .....	8
Généralisation de l'automatisation.....	8
Et pour l'automatisation des procédés batch ? .....	8
L'impact sur la flexibilité.....	9
L'impact sur la traçabilité .....	9
Restaurer la flexibilité et assurer la traçabilité .....	11
Séparation de la recette et de l'installation physique.....	11
Découpage d'une procédure ou gamme en opérations élémentaires .....	12
Le traitement des NEP (CIP) .....	14
Les « moteurs batch » .....	15
Une traçabilité des procédés et des flux matières simplifiée .....	16
Vers un MES de process très intégré.....	16
Les grandes tendances en automation et en informatique de production .....	18
Intégration.....	18
"Provincialisation" .....	18
Modélisation .....	18
L'intranet, système nerveux de l'entreprise .....	19
Conclusion .....	20
Annexe – Le standard ISA-88 et les industries de process.....	21
Présentation sommaire de l'ISA-88.....	21
Intérêt de l'existence d'un standard .....	22
L'ISA-88 : modèle incontournable ou épouvantail ? .....	23
En résumé sur l'ISA-88.....	23

## Glossaire

**B2MML** : Business to Manufacturing Markup Language. Langage spécifié selon le standard XML ayant pour vocation l'échange de données entre la gestion de l'entreprise et la production.

**Batch** : « lot » en anglais, par extension fabrication en mode batch (à distinguer de l'usage d'un moteur batch).

**CIM** : Computer Integrated Manufacturing. Concept décrivant l'automatisation complète des processus de fabrication, depuis les actionneurs jusqu'aux ordinateurs, en passant par les automates programmables et autres systèmes numériques.

**Contamination** (ou transfert de lot) : mélange involontaire de deux matières (ou plus) lors d'une production. Lorsque ce mélange ne présente aucun caractère « nocif » on parlera de « transfert de lot » (le plus souvent le mélange sera réutilisé). En revanche lorsque le mélange est inutilisable (voir dangereux pour la santé publique) on parlera de contamination. A noter que le terme « contamination » étant connoté péjorativement, son usage auprès du grand public est réservé aux mélanges impropres à la consommation.

**Dossier de lot** : ensemble des informations relatives à un lot de produit : matières premières et leur dosage réel, paramètres physiques de production, date d'exécution des différentes opérations, mesures effectuées et incidents constatés durant la production.

**ERP** : Enterprise Resource Planning. Encore appelés PGI (Progiciel Intégré de Gestion). Ces progiciels rassemblent sous forme intégrée et modulaire l'ensemble des fonctions de gestion de l'entreprise.

**Gamme** (de fabrication ou de production) : ensemble des opérations permettant la fabrication d'un type de produit, effectuées en parallèle ou en séquence, avec le cas échéant leur minutage.

**Généalogie** : mécanisme permettant d'identifier les lots de matière première inclus dans un produit fini (généalogie ascendante) et les lots de produits finis contenant une matière première d'un lot donné (généalogie descendante). Indispensable pour maîtriser le périmètre d'un retrait de produits défectueux.

**GPAO** : Gestion de Production Assistée par Ordinateur. Système de gestion de la production, souvent développé spécifiquement pour l'entreprise avant la généralisation des ERP.

**IHM** : Interface Homme Machine (ou HMI, Human Machine Interface). Ecrans, claviers, écrans tactiles et logiciels associés destinés au pilotage d'une installation par les opérateurs.

**ISA** : International Society of Automation. Fondée en 1945 aux Etats-Unis et comptant plus de 39 000 membres du monde de l'automation dans le monde entier.

**MES** : Manufacturing Execution System ou Système d'exécution des fabrications.

**MOM** : Manufacturing Operations Management. Ce terme, issu du modèle du même nom de l'ISA-95 part 3, est parfois utilisé également pour désigner le MES.

**Moteur d'exécution** : Programme générique automatisant l'exécution des opérations. Certains de ces programmes particulièrement adaptés à l'exécution de procédés semi-continus sont appelés *moteurs batch*. Le standard ISA-88 a grandement facilité la formalisation de ces programmes.

**MRP** : Manufacturing Resource Planning. Programme de planification des ressources nécessaires pour la fabrication. Ces modules sont aujourd'hui dans le périmètre des progiciels ERP.

**ODBC** : Open Database Connectivity. Standard de dialogue élaboré par Microsoft et permettant à un programme informatique d'accéder de manière unifiée à de nombreuses bases de données. L'équivalent en Java d'ODBC est JDBC (Java Database Connectivity).

**OPC** : OLE for Process Control. Standard de communication conçu à l'origine pour relier les applications Windows et les matériels et logiciels de contrôle-commande. Le standard **OPC-UA** (OPC Unified Architecture) qui lui a succédé est indépendant de la technologie OLE et COM/DCOM de Windows.

**PLM** : Product Lifecycle Management. Issus le plus souvent des logiciels de CAO (Conception Assistée par Ordinateur), ces logiciels ont progressivement augmenté leur périmètre pour couvrir la nomenclature des produits puis l'ensemble de leur cycle de vie.

**Procédure** : Signification proche de la *gamme* (suite d'étapes parallèles et/ou séquentielles assurant la fabrication d'un produit). Le terme procédure est plus employé dans les industries de process. Dans la terminologie ISA-88, une procédure est constituée de procédures d'unités, elles-mêmes constituées d'opérations et de phases.

**Recette** : Association d'une procédure avec une *formulation* ou *nomenclature*, fournissant la liste des composants du produit à fabriquer.

**Redondance** : Adjonction d'un ou plusieurs dispositifs de secours aptes à pallier automatiquement la défaillance du dispositif principal. S'applique tant pour des sous-ensembles matériels que logiciels.

**SCADA** (Supervision) : Supervisory Control And Data Acquisition. Systèmes en connexion avec les automatismes assurant la visualisation en temps réel de l'état des installations (synoptiques), la gestion des alarmes, l'envoi de commandes et consignes aux automates.

**UML** : Unified Modeling Language. Langage de modélisation graphique, apparu dans le cadre de la « conception orientée objet » très utilisé pour décrire des systèmes informatiques ou non.

## Introduction

On classe souvent les procédés suivant la terminologie : procédés continus, procédés semi-continus ou « batch », et procédés discrets. Les procédés batch se distinguent des autres procédés dans le sens où ils sont organisés pour la production successive de lots homogènes de produits, dont la taille est généralement limitée par un ou plusieurs des équipements de l'installation (cuves de mélange, réacteurs, ...etc.). Dans son déroulement, le procédé devra donc attendre que l'étape ou phase se déroulant dans ces équipements soit terminée pour exécuter la suivante.

En fait, le distinguo entre les procédés ne doit pas être perçu de manière trop stricte : une même industrie fait souvent appel à différents types de procédés. La fabrication de yaourts, par exemple, fera appel dans une première étape à des process quasiment continus (homogénéisation, stérilisation, ...), puis dans une seconde étape à un procédé de type batch (dosage lait et crème, ajout d'arômes, de fruits, ...) pour finir par une étape de conditionnement (mise en pot, pose de la capsule, mise en carton, palettisation, ...) qui est un procédé discret. Aussi, les industries mettant en œuvre des procédés de type batch ne se perçoivent pas nécessairement au travers de cette caractérisation. Le plus souvent, elles se qualifieront d'industries « de process », par opposition aux industriels purement « manufacturières » ou « discrètes ».

Pour toutes les entreprises industrielles, la performance des unités de production est essentielle. Elles doivent être à même de fabriquer les produits dans toute leur diversité en suivant des contraintes de délai, de qualité et de coût, et s'adapter en permanence à un environnement changeant : contraintes réglementaires, demande du marché et innovation. En tant que procédé de fabrication, le procédé batch permet une maîtrise plus aisée de l'ensemble des paramètres des réactions physicochimiques des différentes étapes du process : quantités de matières incorporées dans un réacteur ou un mélangeur, température, pression, etc. En outre, en regard des exigences croissantes de traçabilité des produits, l'identification de lots de produits de caractéristiques connues et homogènes est un avantage indéniable. A l'exception des grands process continus comme la pétrochimie ou la métallurgie, les procédés semi-continus ou batch se sont imposés dans la plupart des industries de process telles que l'agroalimentaire, la pharmacie, la cosmétique, la chimie fine, les ciments spéciaux, etc.

L'enjeu de la flexibilité va grandissant. Peu d'usines ont été conçues sans prévoir la fabrication de plusieurs variantes de produits mais il est difficile de prévoir quels produits y seront fabriqués dans un an et de définir précisément leur procédé de fabrication. Pour certaines industries, le rythme est encore plus rapide. L'automation et le pilotage de la production deviennent alors un enjeu, car il n'est pas pensable pour l'industriel d'être contraint de les revoir en profondeur à cette fréquence.

Dans la course aux exigences de flexibilité, de productivité et de traçabilité, les procédés batch disposent de nombreux atouts bien maîtrisés par les industriels du process, que vous retrouverez dans ce document. Mais ce potentiel peut aussi être bridé par une structure d'automation et de pilotage de la production insuffisante. Ce livre blanc explore également la source de ces limites et les solutions pour les dépasser.

## Un potentiel de flexibilité et de productivité important

### ***Polyvalence des équipements***

Tout comme le cuisinier peut préparer des milliers de recettes très différentes – entrées, plats et desserts – avec un nombre finalement limité d’ustensiles, les industries de process disposent d’équipements capables de traiter successivement des produits différents, en intégrant éventuellement des phases de lavage. Sous réserve qu’ils satisfassent aux normes d’hygiène et de sécurité agroalimentaires, les cuves, mélangeurs et fours pourront servir à la préparation de centaines de produits. Il en est de même en pharmacie, en cosmétique, mais également dans la préparation des peintures, des ciments spéciaux, ...etc.

L’agencement des équipements dans l’usine permet généralement d’enchaîner les opérations dans des ordres différents. Lorsque des transferts sont réalisés par des liaisons physiques (c’est presque systématiquement le cas pour les transferts de liquides), les ingénieurs process s’attachent le plus souvent à rendre possible un grand nombre de combinaisons. Gérer manuellement l’ensemble des combinaisons possibles devient alors particulièrement délicat. Nous y reviendrons dans le chapitre suivant.

### ***Parallélisme des productions***

La polyvalence des équipements facilite le parallélisme des productions, et donc l’augmentation de la productivité. En effet, dans un procédé batch, le produit d’un lot donné n’occupe les équipements que durant une tranche de temps, les libérant ensuite pour d’autres lots du même produit, ou pour des lots d’un produit différent. Cette possibilité « naturelle » des procédés batch permet à l’industriel, s’il en tire parti, d’augmenter significativement sa productivité sans augmenter son investissement dans de nouveaux équipements.

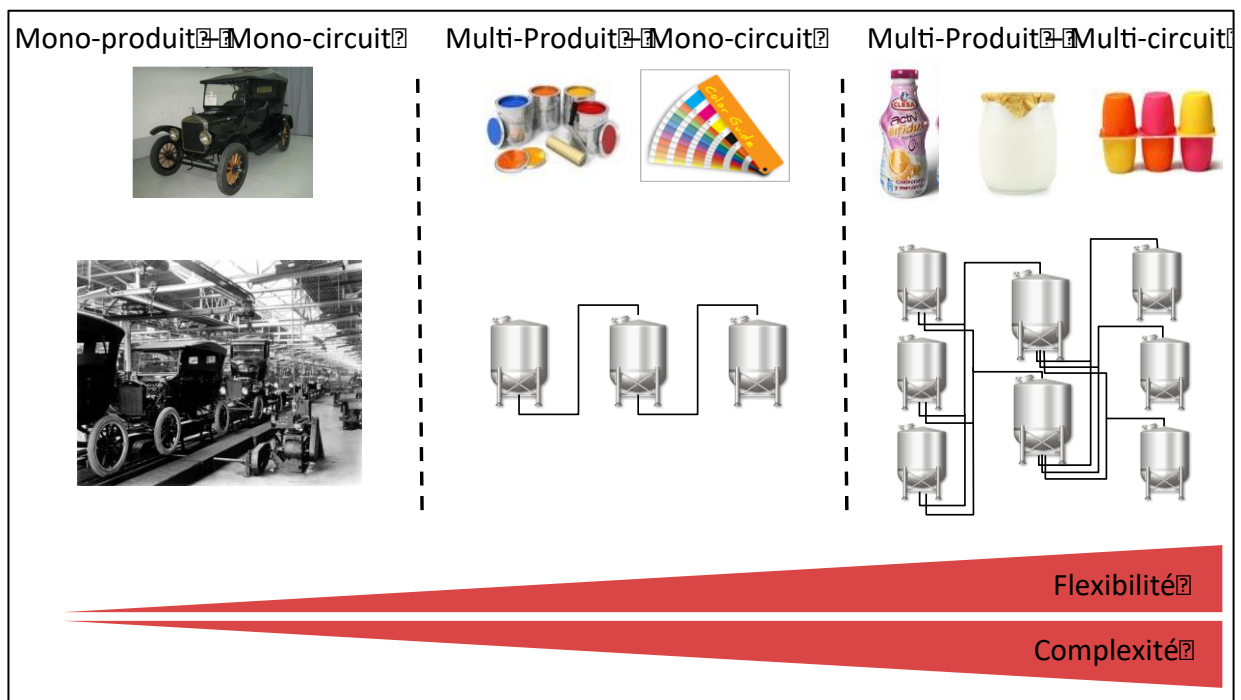
Il faut bien sûr tenir compte des contraintes existant entre deux lots de produits différents amenés à utiliser les mêmes équipements, comme les contraintes de non-contamination, particulièrement fortes dans des industries comme la pharmacie ou la nutrition animale.

### ***Au prix d’une complexité ?***

Le fait d’introduire la capacité de fabriquer plusieurs produits différents sur une même ligne de production, ou un même circuit, introduit une première souplesse. Elle permet à l’industriel de répondre aux attentes de son marché en fabriquant les variantes de produit attendues. Mais pour que cette souplesse ne se traduise pas en perte de productivité, il faut que les équipements en amont soient affectés au lot de produit suivant sitôt que le lot de produit en cours les aura libérés. En conséquence, plusieurs lots de produits, éventuellement de types différents, sont présents sur la ligne de production à un instant donné, d’où un premier niveau de flexibilité mais aussi de complexité.

Ce premier niveau est suffisant si les différentes opérations du procédé sont toujours effectuées dans le même ordre, même s’agissant de produits différents. Cette configuration sera plus ou moins fréquente suivant les industries. En outre, elle rend l’ensemble de la production tributaire de l’étape la plus longue de transfert de matière ou de fabrication. Aussi, très souvent, les installations ne se contenteront pas d’un seul circuit et permettront de multiples cheminements entre les équipements.

Cette flexibilité supplémentaire engendre un second niveau de complexité, puisqu'il devient difficile de connaître a priori le trajet d'un lot de produit durant sa fabrication. La figure 1 ci-après illustre ces deux niveaux.



**Figure 1 : différents niveaux de flexibilité introduits dans les procédés**

- a) La construction de la Ford T a illustré pendant des années le concept de fabrication en grande série mono-produit mono-circuit, rendue possible par la production en très grand nombre, sur une même chaîne d'assemblage, de produits rigoureusement identiques.
- b) Pour des produits comme les peintures, de nombreux lots ne diffèrent que par le changement d'une seule matière première (par exemple les pigments) et peuvent suivre le même circuit. Un ordre des fabrications est toutefois à respecter pour la succession des couleurs.
- c) Les circuits suivis par les produits dans les industries laitières et céréalières (silos à grain) offrent de très nombreuses combinaisons, et la complexité des circuits n'a parfois rien à envier à l'industrie pétrolière...

Avec un fort débit de production, ces niveaux de complexité sont clairement rédhibitoires pour une gestion entièrement manuelle. Outre que cette gestion manuelle requiert des capacités multitâches (plusieurs lots à la fois, plusieurs circuits actifs), pour lesquelles le cerveau humain n'est pas particulièrement adapté, les sources d'erreur sont nombreuses et peuvent engendrer des conséquences graves (produit de mauvaise qualité, impropre à la consommation, voire toxique).

Heureusement, comme dans d'autres domaines (les téléphones que nous utilisons tous les jours sont aujourd'hui des appareils multitâches très complexes), l'automatisation va venir à notre secours et rendre (en partie) transparente cette complexité...

## Automatisation : SNCC et automates programmables

### **Généralisation de l'automatisation**

Comme dans beaucoup d'industries, les raisons poussant à l'automatisation des industries de process n'ont pas manqué : augmentation des cadences, meilleure répétabilité des opérations, réduction des coûts de personne, etc. La diffusion de l'automatisation a toutefois été plus lente dans les procédés semi-continus que dans les procédés continus ou dans les procédés discrets, et avec des motivations principales différentes pour chacun d'eux.

Dans les procédés continus, l'automatisation s'est imposée par la nécessité de réguler les différents paramètres du procédé (températures, pression, ...etc.). Les SNCC (Systèmes Numériques de Contrôle-Commande, ou DCS pour Distributed Control System), disposant d'une importante puissance de calcul (en particulier dans les calculs dits scientifiques en virgule flottante) ont permis de gérer les multiples boucles de régulation ou d'asservissement analogiques nécessaires pour maîtriser les températures de craquage, les pressions d'évaporation, l'épaisseur du métal dans les chaînes de laminage. Dans le domaine analogique, le capteur et la chaîne de conversion nécessaire pour le traitement numérique du signal sont primordiaux, aussi les fournisseurs de SNCC (Emerson, Foxboro, Honeywell, Yokogawa...) ne se sont généralement pas limités à fournir un calculateur, mais un ensemble complet depuis les capteurs jusqu'au pilotage d'usine, avec une approche propriétaire.

Pour les procédés manufacturiers, l'automatisation s'est faite dans un premier temps sous forme de systèmes électromécaniques (armoires relais), qui ont été ensuite supplantés par les API (Automates Programmables Industriels) ou PLC (*Programmable Logic Controller*) qui en ont repris les fonctions, en apportant une simplification du câblage et une fiabilité supérieure. Très orientés vers la logique en Tout ou Rien (d'où le nom anglais *Programmable Logic Controller*), les API ont calqué leurs premiers langages (*Contact* ou *Ladder*) sur les systèmes à relais qu'ils ont remplacés. La diversité des capteurs TOR étant très grande, et les capacités de calcul des API étant limitées (à leurs débuts), les constructeurs d'API (Schneider, Siemens, Rockwell, GE, ...) ont plutôt privilégié une stratégie d'ouverture vers les capteurs de terrain d'une part, et vers les superviseurs sur PC d'autre part. Cette stratégie a permis un abaissement des coûts et a favorisé leur pénétration dans des industries de plus en plus nombreuses.

Aujourd'hui, cette distinction forte entre SNCC et API est relativement dépassée, au moins sur le plan technique : les SNCC sont aujourd'hui plus ouverts et plus abordables, tandis que les capacités de calcul des API n'ont plus grand-chose à leur envier. En fait, c'est surtout l'expertise métier des constructeurs et des intégrateurs de leurs systèmes qui conditionne la permanence des choix de solutions.

### **Et pour l'automatisation des procédés batch ?**

Les besoins initiaux en automatisation des procédés batch ont été relativement réduits : régulation en température d'une cuve, gestion des queues de chute des dosages, déclenchement automatique d'agitateurs et de ventilation, etc. De fait, pour certains sites de production significatifs, l'automatisation reste locale à chacun des équipements, et l'enchaînement des opérations reste manuel. Par essence, les procédés batch sont constitués d'une suite d'opérations ou phases

successives, et si ces phases sont relativement longues, le gain de productivité amené par l'automatisation de cet enchaînement reste modéré.

Comme évoqué plus haut, l'automatisation d'ensemble des procédés batch découle plus des besoins de changement rapide de produits et de parallélisme des fabrications, et de la complexité de gestion qu'elle engendre au niveau des opérateurs et des exploitants. De même que dans les autres industries, ce besoin est amplifié par l'augmentation des cadences de fabrication.

## ***L'impact sur la flexibilité***

*« Un cuisinier peut choisir au dernier moment de décaler l'incorporation d'une partie du sucre... »*

L'automate programmable industriel ayant acquis ses lettres de noblesse et sa réputation de fiabilité dans l'industrie, c'est à lui que la plupart des industriels du process (en fait, leurs prestataires intégrateurs) ont confié le pilotage du procédé. Mais si mécaniquement les installations ont souvent été conçues pour permettre de nombreuses combinaisons dans les transferts entre les équipements et un haut degré de parallélisme, en pratique les séquences sont limitées par ce qui a été codé dans le programme automate.

Un cuisinier peut choisir au dernier moment de décaler l'incorporation d'une partie du sucre de son gâteau dans les dernières étapes de sa préparation, pour qu'il reste en surface et lui donne du croustillant. C'est beaucoup plus difficile quand la procédure est figée dans un automate programmable. Changer une procédure, cela veut dire dans la pratique faire intervenir l'intégrateur qui a mis en place le programme automate pour qu'il modifie la procédure... et revalide l'ensemble pour vérifier son bon fonctionnement !

Lors de la mise en place d'une installation automatisée, les industriels prévoient systématiquement de pouvoir modifier une liste de consignes qui sont transmises aux automates qui contrôlent le procédé, Ces consignes incluent généralement les quantités de chaque ingrédient, et des paramètres physiques tels que température de chauffe, vitesse d'agitation, etc. Ces listes de consignes sont souvent appelées "recette", bien qu'en réalité elles ne permettent pas de modifier l'ordre d'enchaînement des opérations mais, parfois seulement, de choisir un "programme" d'enchaînement prédéfini.

On est loin, on le voit, de la souplesse souhaitée par la plupart des industriels du process, dont les produits et leurs variantes proposées, qu'il s'agisse des aliments bio ou vitaminés pour l'agroalimentaire, ou encore des préparations d'une même molécule pour l'industrie pharmaceutique, représentent un très grand nombre de combinaisons qui ne peuvent avoir toutes été anticipées et programmées.

## ***L'impact sur la traçabilité***

*« A fabrication manuelle traçabilité manuelle, à fabrication automatisée traçabilité automatisée... »*

La fabrication manuelle était généralement attachée, chaque fois que nécessaire, à une traçabilité papier, tout aussi manuelle, mais qui associait simplement chaque étape importante du process à une trace de l'opérateur (pesée critique, contrôle qualité, ...etc.). Chronophage et source d'erreur, cette

pratique peut revendiquer le mérite de la cohérence, la traçabilité étant directement liée au procédé et à son mode d'exécution.

A l'heure du zéro papier, on serait tenté de dire : « A fabrication manuelle traçabilité manuelle, à fabrication automatisée traçabilité automatisée ». Mais là encore les choses ne sont pas si simples. Car les automates programmables, malgré une augmentation au fil des ans de leur capacité mémoire, ne disposent pas de la place suffisante pour le stockage en masse d'informations de traçabilité de plus en plus nombreuses. Ils n'ont pas non plus été conçus pour accueillir les standards de bases de données retenus par le marché (SQL Server, Oracle, MySQL, ...). Aussi et surtout, le programme de l'automate ne dispose pas de l'ensemble des informations nécessaires à la traçabilité requise (matières premières, produits, lots, recettes, opérateurs et leurs propriétés. Pour en disposer, c'est un système de production industrielle complet (MES ou Manufacturing Execution System) qu'il faudrait implanter dans l'automate !

A défaut de tout cela, pour réaliser la traçabilité du procédé, l'intégrateur devra, dans le programme automate, positionner des informations indiquant que telle ou telle opération à tracer s'est exécutée avec son horodatage et ses paramètres. Ces informations devront être exploitées au niveau du système de supervision/MES par un programme spécifique qui les rattachera au lot de produit fabriqué, à sa recette, et les tracera en base de données. Il s'agit d'un développement informatique complet, mettant en œuvre une double compétence (automatismes et informatique) et particulièrement difficile à valider. Le problème se complexifie encore si l'on veut tracer les flux de matières, reconstituer la traçabilité généalogique, gérer les stocks réels d'atelier, à partir d'informations de transfert fournies par l'automate. Et évidemment tout ce développement sera remis en cause, au moins partiellement, si des procédures d'exécution dans l'automate sont ajoutées ou modifiées...

## Restaurer la flexibilité et assurer la traçabilité

### Séparation de la recette et de l'installation physique

Nous avons vu que l'une des clés de la flexibilité des procédés batch était la polyvalence des équipements utilisés. La meilleure façon de s'affranchir des contraintes liées à l'utilisation d'un équipement particulier dont on ne sait pas s'il sera disponible ou accessible lors du lancement d'un lot de produit à fabriquer est d'exprimer la recette de fabrication *sans le désigner explicitement*.

C'est ce que font – probablement sans se douter de la force de cette approche – tous les livres de cuisine. Prenons un exemple (extrait des *Idées et recettes Carrefour – c'est moi qui souligne*) :

La première remarque que

l'on peut faire est que la recette sépare une liste des ingrédients, de la préparation elle-même. Dans l'industrie, on appellera plutôt la préparation *procédure* ou *gamme*. On comprend bien d'une part, que la présence des quantités énoncées est indispensable pour faire la recette, d'autre part que les récipients éventuels (dans l'industrie on parlerait d'*équipements*) qui contiennent ces ingrédients, sous réserve qu'ils soient adéquats et accessibles, ne sont pas déterminants pour la préparation elle-même. D'ailleurs, ces éventuels récipients ne sont jamais mentionnés dans la recette !

La seconde remarque, encore plus importante, est la manière dont les équipements de préparation sont désignés (voir expressions soulignées). En effet, on parle d'une *casserole suffisamment grande*, et non, par exemple, de *la troisième casserole à partir du fond dans le second tiroir à droite de la cuisine*. Cela n'aurait aucun sens, car la configuration exacte de votre cuisine n'est pas connue de la personne qui a rédigé la recette ! Et il en est de même pour tous les ustensiles ou équipements qui sont utilisés dans la recette : casserole, feu, bol, sorbetière, congélateur. Les équipements sont caractérisés par leur type et, le cas échéant, par certaines propriétés requises (*suffisamment grande*).

Cette définition de la recette donne un grand avantage en termes de généralité (la recette reste applicable pour des cuisines très différemment équipées), mais aussi en termes de flexibilité (elle pourra être préparée même si la casserole prévue initialement est sale ou si son manche est cassé, sous réserve de disposer d'une casserole plus grande). En résumé, cette définition de la recette dissocie une définition « logique » (ingrédients, types d'équipements et leurs propriétés requises,

opérations à réaliser) d'une définition physique (configuration réelle de la cuisine et de ses ustensiles) qui n'est pas mentionnée. S'inspirer de cette méthode – en apparence triviale – de définition de la recette peut donc être d'un grand bénéfice pour préserver la flexibilité du procédé.

Bien sûr, la réalisation industrielle d'un produit exige plus d'informations que cet exemple de recette. Il faudra à un moment ou un autre connaître les emplacements physiques où les ingrédients/ composants sont stockés, et comment les matières pourront être transférées d'un point à un autre de l'installation. Ces informations pourront être regroupées dans une définition « physique » de l'installation.

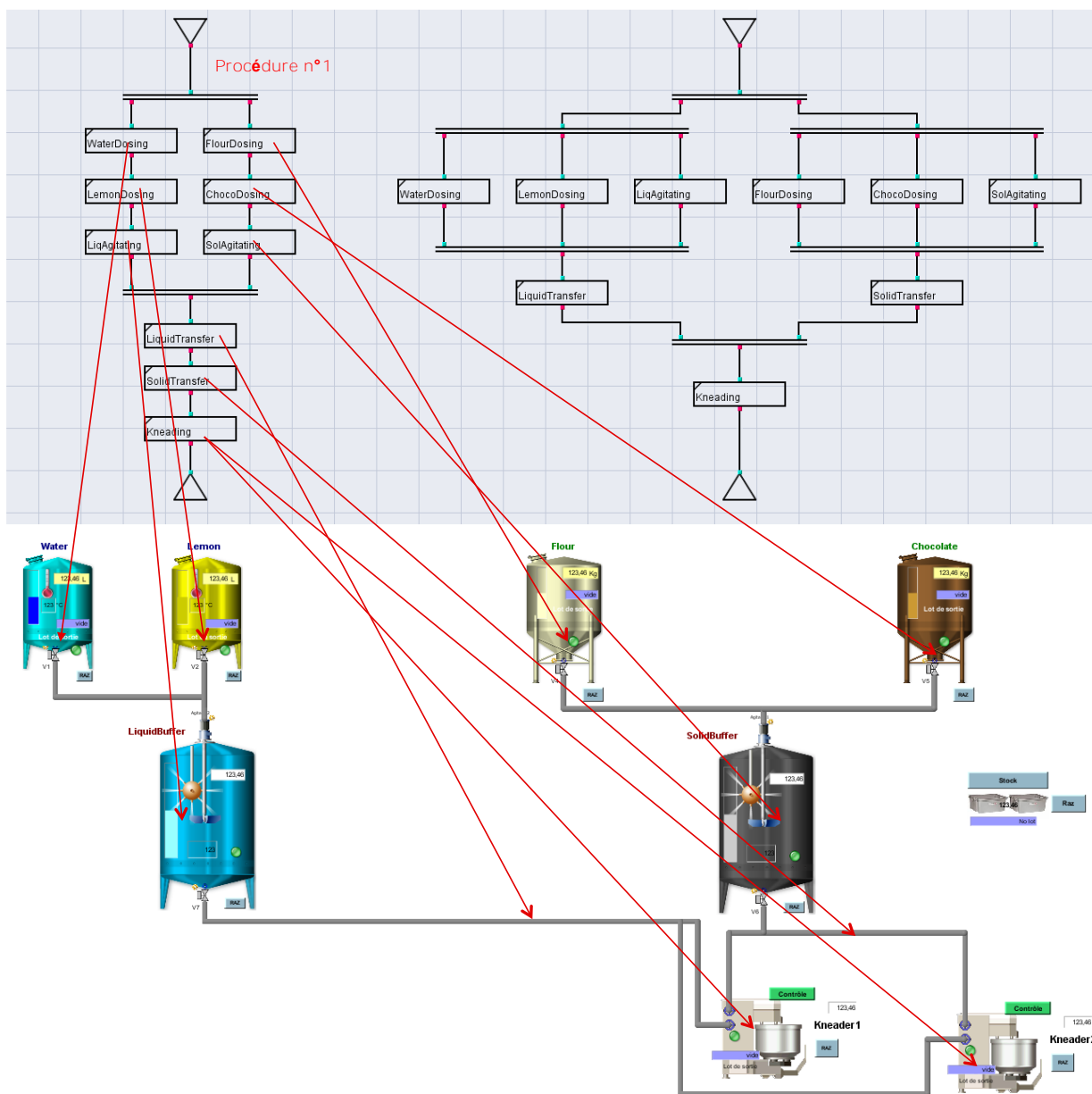
### ***Découpage d'une procédure ou gamme en opérations élémentaires***

Bénéficier d'une forte flexibilité au niveau du procédé exige de pouvoir modifier non seulement les quantités des différents ingrédients (formulation, nomenclature), mais aussi la séquence qui exécute le process. Mais qu'entend-on exactement par là ? La séquence complète d'un process est constituée d'une multitude d'actions élémentaires (ouvertures de vannes, démarrage de moteurs, changements de vitesse, actionnement de vérins, attente d'un seuil bas...etc.). Souhaite-t-on être capable de modifier intégralement la liste et l'ordre de ces différentes actions pour passer d'un produit à un autre ?

Pas vraiment. Outre le fait que le détail de toutes ces actions de bas niveau peut être mal connu des opérateurs et des exploitants, leur modification n'a pas d'intérêt pour passer d'un produit à un autre, elle peut même s'avérer dangereuse. Prenons un exemple : la vidange d'une cuve peut être constituée des actions suivantes : fermeture de la vanne d'entrée (pour éviter une nouvelle introduction de matière), agitation lente (pour faciliter l'écoulement pour un fluide visqueux), ouverture de la vanne de vidange, attente du niveau bas de la cuve (et/ou temporisation calculée d'après le volume contenu), fermeture de la vanne de vidange. Il n'y a pas lieu de modifier cette séquence élémentaire pour passer d'un produit à un autre, tout au plus changera-t-on certains paramètres de son exécution (vitesse d'agitation par exemple suivant la viscosité du liquide). Au contraire, si on la modifie accidentellement, des conséquences néfastes peuvent en résulter pour le produit fabriqué : mélange indésirable avec des matières du lot suivant, vidange incomplète de la cuve, etc.

En résumé, en allant dans le détail de l'exécution d'un procédé, on peut dans la pratique identifier des *opérations élémentaires*, regroupant des séquences d'actions de bas niveau, dont la modification n'est ni pertinente pour augmenter la flexibilité ni souhaitable. Fournir aux exploitants la possibilité d'agencer différemment ces opérations élémentaires leur permet d'exploiter tout le potentiel de flexibilité de leur installation.

Les figures 2a et 2b (pages suivantes) illustrent la flexibilité (et le gain de productivité) amenés par le réagencement des opérations élémentaires pour une installation (simplifiée) de production de gâteaux.

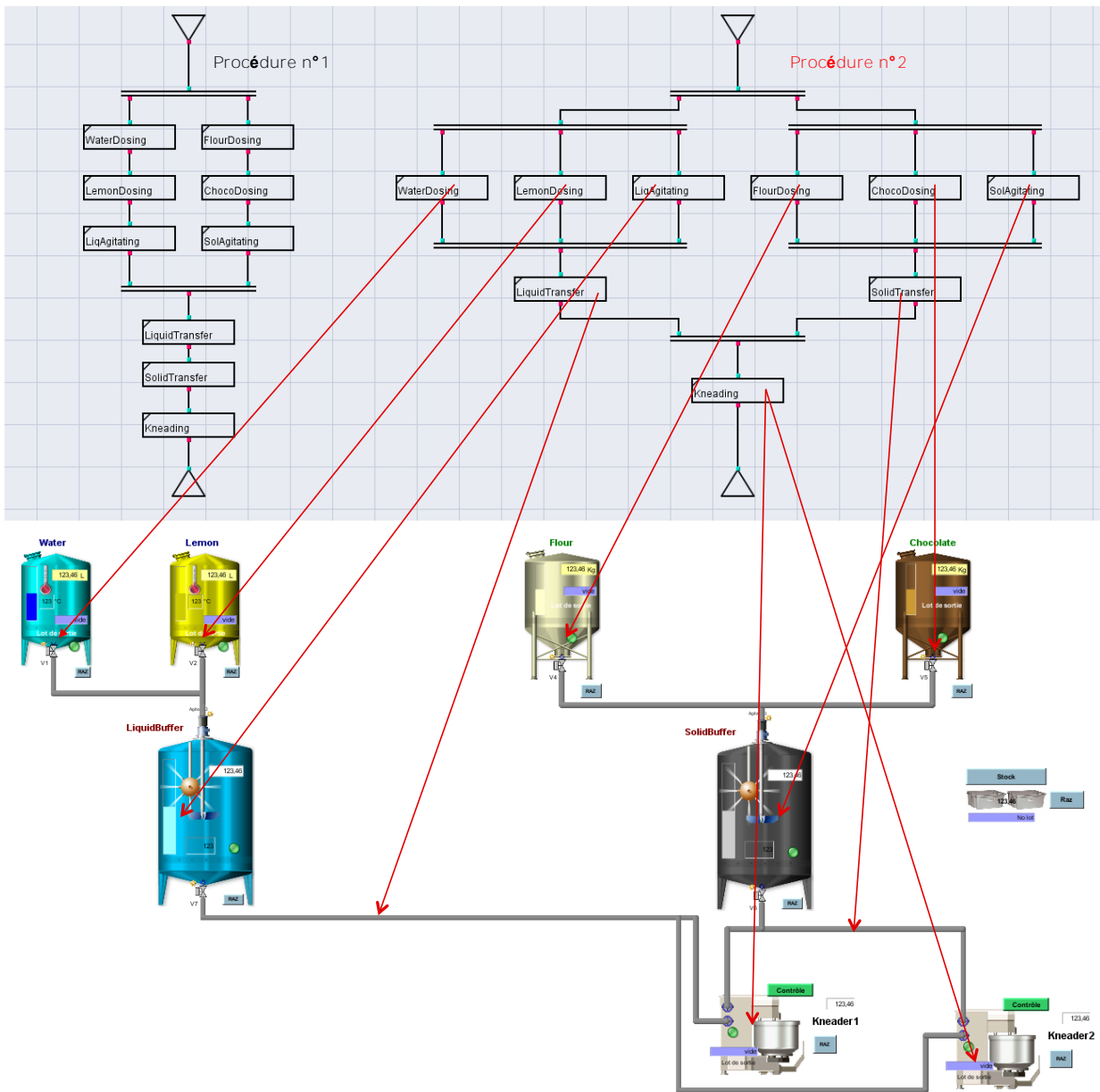


**Figure 2a : procédure n°1 pour la production de gâteaux**

La figure décrit la procédure (simplifiée) utilisée pour la production de gâteaux au chocolat. Dans cette procédure, les opérations concernant les liquides (eau, citron) et les opérations concernant les solides ou poudres (farine, chocolat) sont exécutées en parallèle, puis les opérations de transfert et de pétrissage (kneading) sont réalisées.

Les dosages des différents liquides (eau, citron) et des solides (farine, chocolat) sont réalisés en séquence.

On notera que la procédure (logique) ne fait apparaître qu'une seule phase de pétrissage (Kneading), alors que deux équipements physiques pétrins (Kneader1 et Kneader2) sont susceptibles d'être utilisés.



**Figure 2b : procédure n°2 pour la production de gâteaux**

Fournir aux exploitants la possibilité de modifier la procédure logique (enchaînement des opérations élémentaires) permet d'envisager un déroulement en parallèle du dosage des différents liquides (eau, citron) et du dosage des différents solides (farine, chocolat). Dans l'exemple ci-dessus il en résulte manifestement un gain de productivité. Il faut évidemment que ces enchaînements soient compatibles avec le process (respect d'un ordre d'incorporation par exemple) et avec les équipements installés (si un seul peson est présent dans la cuve de mélange on ne peut pas faire des dosages simultanés).

Les gains peuvent parfois aller plus loin : une maîtrise parfaite du parallélisme entre les opérations peut éviter la mise en place d'équipements tampon de stockage intermédiaire et, de manière générale, le surdimensionnement de l'installation.

### **Le traitement des NEP (CIP)**

La gestion des équipements NEP (Nettoyage En Place) ou CIP (Cleaning In Place) ne fait pas partie du process de production lui-même, mais en est très proche. Des équipements NEP sont présents dans de

nombreuses industries de process, et dans certaines industries comme l'industrie laitière, ils représentent une partie significative de l'investissement en automatisation. Suivant les produits fabriqués et leur ordre de fabrication, les cycles de lavage comporteront différentes variantes, constituées d'opération élémentaires (Préparation, Nettoyage caustique, Stérilisation à l'acide, Rinçage, Vidange) qui gagnent à être mis en place et modifiés simplement, même s'il ne s'agit que de séquences assez simples. Et ce d'autant plus que les coûts liés aux NEP (temps perdu pour la production, eau, énergie, produits de lavage) doivent être optimisés. Les produits de lavage utilisés dans les NEP étant des produits toxiques (soude, acide), la traçabilité des opérations conduites dans les NEP revêt une importance capitale. Comme nous allons le voir juste après, adopter une même approche pour le pilotage du process et le pilotage des NEP facilite également la traçabilité.

## **Les « moteurs batch »**

La principale limite à la flexibilité introduite par l'automatisation du procédé est la programmation de la séquence du procédé dans l'automate, qui oblige à une intervention de l'intégrateur pour en effectuer des modifications. Les logiciels modernes sur PC disposent généralement d'interfaces conviviales permettant la création et la modification de séquences de pilotage. On pourrait donc imaginer que toute la séquence de contrôle du procédé soit implantée sur PC et aisément modifiable, le PC dialoguant directement avec le terrain par des entrées-sorties directes ou déportées. De telles solutions existent (il s'agit des logiciels d'automatisme sur PC ou Soft Logic), mais n'ont rencontré qu'une diffusion restreinte. Pourquoi ?

La première raison a déjà été énoncée plus haut. L'accès à la totalité des actions de contrôle du procédé n'est pas pertinent. Le langage utilisé par ces logiciels, orienté vers le pilotage d'entrées-sorties (standard IEC 61131-3), n'est donc pas adapté pour des modifications par les exploitants. Mais cette raison n'est pas suffisante : on peut très bien imaginer une couche logicielle supplémentaire qui identifie les opérations élémentaires dont nous parlons plus haut, et les rende seules accessibles aux exploitants.

La seconde raison est plus profonde. Les industriels et leurs prestataires intégrateurs ont confié le contrôle de leur process aux automates programmables parce qu'ils avaient *confiance* dans la capacité de ces équipements à en respecter les contraintes (fiabilité, déterminisme, temps de cycle, ...etc.). Avec une certaine légitimité, leur confiance dans les PC était... plus limitée. Et de fait, même si une bonne partie des griefs reprochés initialement aux PCs sont obsolètes (manque de fiabilité hardware, écrans bleus de Windows, ...), il n'en reste pas moins que les PCs et serveurs sont des ordinateurs multi-usages, en connexion à d'autres systèmes tiers (bases de données, serveur web, systèmes de sauvegarde, ...) qui n'ont pas été conçus pour satisfaire des contraintes telles que respecter un temps de cycle de l'ordre de la dizaine de millisecondes « quoi qu'il arrive ».

Les *moteurs batch* sont des logiciels sur PC (généralement serveurs) qui partent de ce constat et proposent l'arbitrage suivant : les opérations élémentaires (appelées *phases*) sont exécutées intégralement sur l'automate, tandis que les procédures (enchaînement d'opérations élémentaires) sont exécutées sur le serveur batch (PC). Le serveur batch dialogue avec le(s) automate(s) pour l'exécution de chaque phase grâce à un protocole standardisé (PLI pour *Phase Logic Interface*). Le *moteur batch* dispose d'un module client qui permet la création et la modification des procédures par les exploitants, généralement sous forme graphique.

Souvent, le moteur batch intègre (ou est associé à) un module de lancement des ordres de fabrication, comportant le lot de produit à fabriquer, sa recette et ses caractéristiques (quantités à produire, heure prévue, validation avant lancement, ...etc.).

On obtient alors le meilleur des deux mondes : sécurité, fiabilité et garantie d'exécution des opérations élémentaires au niveau de l'automate, souplesse et convivialité de modification des recettes et procédures au niveau du programme PC. Il faut noter que le périmètre de contrôle de la phase n'est pas imposé, c'est à dire que l'industriel et l'intégrateur maîtrisent ce qu'ils entendent par *opération élémentaire* devant être entièrement contrôlée par l'automate.

Les moteurs batch sont aussi dotés d'une « intelligence » qui leur permet d'effectuer certains choix sans avoir recours à l'opérateur ou à l'exploitant. Si plusieurs équipements accessibles peuvent remplir la même fonction dans la recette, le moteur batch pourra choisir automatiquement le premier équipement disponible, celui qui consomme le moins d'énergie, etc.

La plupart des moteurs batch satisfont une compatibilité importante avec le standard ISA-88 (voir plus loin en annexe), et de ce fait la plupart des éditeurs adoptent la même terminologie et des protocoles de dialogue avec les automates qui sont proches. Le standard a été conçu pour permettre l'exécution simultanée de plusieurs lots de produits, de recettes identiques ou différentes, et la gestion fine de l'allocation des équipements correspondants.

### ***Une traçabilité des procédés et des flux matières simplifiée***

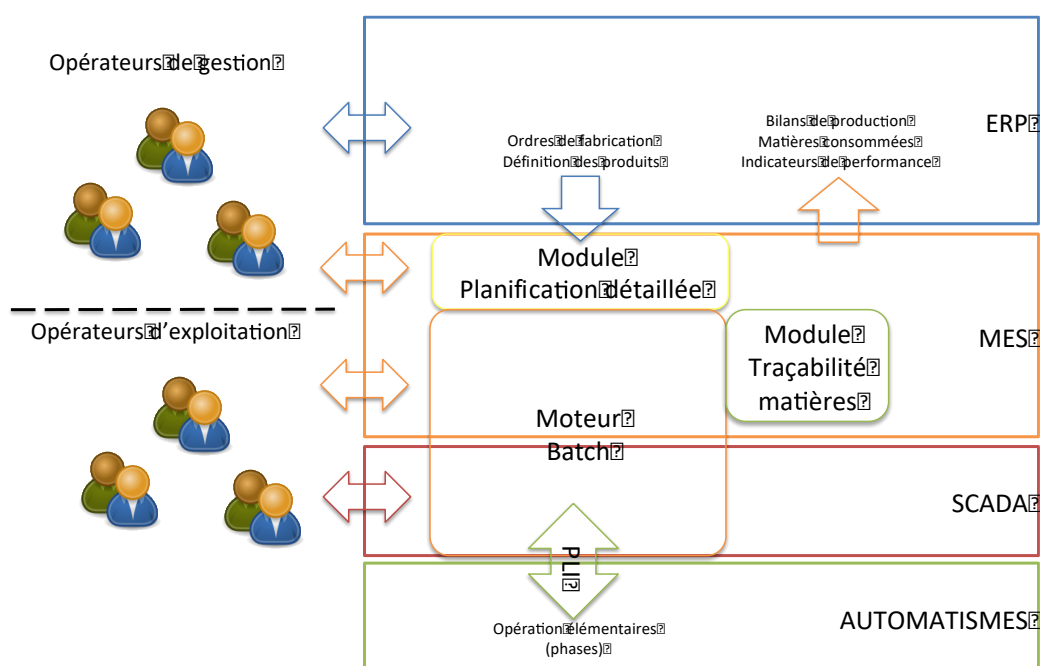
Comme on l'a vu, tracer les informations du procédé à partir d'une séquence entièrement déroulée dans l'automate n'est pas chose aisée. Par contre, avec l'utilisation d'un moteur batch, dans la mesure où le serveur « reprend la main » au niveau de chaque phase, rien de plus facile pour lui, en connexion avec le système de base de données retenu, de tracer tous les paramètres de phase (quantité demandée, quantité effective, vitesse de consigne, température de réaction, etc.) avec leur horodatage. Comme le serveur batch a orchestré les différentes phases de production d'un lot, il peut rassembler toutes ces données en un « dossier de lot » qui intègre l'ensemble de la traçabilité du procédé. En liaison avec le module de supervision (parfois intégré), le dossier de lot peut également reprendre les alertes et alarmes survenues durant l'exécution du lot.

Certains éditeurs vont plus loin, et lient les étapes du process aux transferts de matière dans l'installation. Avec une gestion appropriée des sous-lots de matières présents dans chacun des équipements et de leurs algorithmes d'ajout ou d'extraction (FIFO, LIFO, mélange, ...), il est ainsi possible d'obtenir la généalogie ascendante (depuis un lot de produit fini jusqu'aux matières premières le composant) ou descendante (depuis un lot de matière première jusqu'aux lots de produits finis l'ayant utilisée). Pour pouvoir répondre aux exigences les plus strictes en matière de traçabilité, la gestion des flux matières devra pouvoir prendre en compte les mélanges de lots (de matière première par exemple) à caractère volontaire, mais aussi les contaminations ou transferts de lots (matière résiduelle présente dans les équipements jusqu'à un lavage).

### ***Vers un MES de process très intégré***

Dans la mesure où le moteur batch dispose également d'un module de lancement des ordres de fabrication et d'un module complémentaire de gestion des flux matières, on dispose d'une chaîne complète d'information qui va depuis les ordres de fabrication jusqu'aux stocks d'usine et à

l'expédition. Elle englobe toutes les informations utiles des produits fabriqués, corrélées directement aux différentes étapes de la fabrication, soit l'épine dorsale d'un système de suivi de la production ou Manufacturing Execution System (MES).



**Figure 3 : Rôle central du moteur batch dans une architecture intégrée d'automatisation**

Le moteur batch, intégrant éventuellement la planification détaillée et la traçabilité des matières, directement ou sous forme de modules complémentaires, forme la colonne vertébrale d'une architecture intégrée d'automatisation. Il dialogue avec les automatismes pour le séquençage des opérations élémentaires exécutées par les automates et avec les opérateurs pour l'exécution des opérations manuelles. Au travers du module de planification détaillée, il reçoit de l'ERP les ordres de fabrication, et dans certains cas la définition des produits. Connecté à une base de données de MES, il alimente pour l'ERP les bilans de production et matières consommées.

Un système MES complet, très intégré au process, et donc lui aussi très flexible, sera obtenu par l'adjonction d'un module d'analyse de la performance, permettant de consolider les différentes informations de performance, en particulier l'impact des arrêts et rebuts (non qualité), mais aussi des consommations et pertes matières, sur les différents indicateurs de suivi de celle-ci.

## Les grandes tendances en automation et en informatique de production

L'automation et le pilotage temps-réel des procédés batch s'inscrivent dans une réflexion et des tendances générales, qui dépassent le périmètre des procédés batch et même des procédés industriels. Au-delà d'effets de mode, qui touchent peu l'industrie, des orientations se dégagent qui tendent à faire bénéficier l'industrie et la production de méthodes et de technologies qui ont été validées par ailleurs.

### ***Intégration***

Comme nous venons de le voir ci-dessus, l'automation des procédés batch s'insère dans un ensemble plus vaste intégrant le MES et les ERP et parfois les logiciels de PLM. Cette intégration va de pair avec un besoin croissant d'échange de données, soit de l'ERP vers la production (ordre de fabrication, définition des produits), soit de la production vers l'ERP (bilans de production, bilans de consommation matière, indicateurs de qualité, indicateurs de productivité, ...etc.). Cette intégration sera facilitée par des standards d'échange, tels que celui que propose l'ISA-95 pour le dialogue entre ERP et MES, ou le standard OPC qui définit les échanges avec les automatismes, et des structures de bases de données ouvertes s'appuyant sur les standards du marché (SQL server, Oracle, MySQL).

### ***“Progiacisation”***

C'est sous ce terme un peu barbare que l'on désigne l'orientation, qui va dans le sens de l'histoire de l'informatique, qui consiste à réduire progressivement dans une application le poids des développements spécifiques au profit de l'utilisation de logiciels standard paramétrables.

En effet, il ne viendrait aujourd'hui plus à l'idée de personne (ou presque) de développer sa propre solution logicielle de comptabilité. C'était pourtant la norme il y a une quarantaine d'années. A la même époque, la supervision d'une usine faisait systématiquement l'objet d'un développement spécifique. Ce n'est plus le cas aujourd'hui, mais au-delà de la supervision, la gestion, l'exécution et la traçabilité du procédé font parfois encore l'objet de développements spécifiques lourds.

Malgré le haut niveau de compétences, et le plus souvent la forte connaissance des process industriels des intégrateurs qui réalisent ces développements spécifiques, ceux-ci montrent leurs limites en termes de maintenabilité, de coût global dans le temps et d'adaptation aux mutations technologiques. Par ailleurs, sans toujours le dire explicitement, les industriels acceptent de moins en moins la dépendance de leur outil de production vis à vis d'un intégrateur spécifique. Cette contrainte pèse souvent sur les industriels, moins parce qu'ils souhaitent mettre systématiquement les intégrateurs en compétition, que parce que cette contrainte peut être un frein pour leur propre stratégie (difficulté pour l'intégrateur d'intervenir sur un site éloigné, indisponibilité dans un contexte de mise sur le marché tendu, etc.). Les progiciels aujourd'hui disponibles et matures pour l'exécution des procédés batch s'inscrivent dans cette tendance de fond de limitation des développements spécifiques.

### ***Modélisation***

Popularisée dans l'industrie au travers de la CAO (Conception Assistée par Ordinateur) et dans l'informatique par *l'approche objet*, la modélisation n'a cessé d'étendre ses domaines d'application et touche aujourd'hui jusqu'aux automatismes. La modélisation apporte en effet deux grands bénéfices :

- C'est une méthode universelle (le nom *Unified Modeling Language* donné à l'un des langages de modélisation est à ce titre évocateur). En effet, la modélisation est une approche qui n'appartient pas à une discipline technique particulière (construction, électronique, automobile, agro-industrie, pharmacie, ingénierie, automatismes, informatique, etc.) mais peut bénéficier à toutes. Pour un industriel du process, modéliser l'automatisme et le pilotage de son procédé, c'est lui donner la possibilité de se « réapproprier » son exécution, et non la laisser tributaire « des automatismes », « de la supervision », ou « de l'informatique ».
- En disposant d'une technologie de réutilisation des modèles, l'industriel qui utilise des équipements ou des procédés semblables sur d'autres lignes de production ou d'autres sites peut réutiliser les modèles déjà développés, réduisant ainsi les coûts de mise en œuvre et les risques pour ses extensions ou nouvelles implantations.

### ***L'intranet, système nerveux de l'entreprise***

D'abord objets de curiosité et de crainte pour les industriels, les technologies du web ont aujourd'hui pénétré les usines, moins pour les capacités de connexion depuis tout point du monde (internet), que pour la connexion depuis tout point intérieur à l'entreprise (intranet éventuellement étendu à plusieurs sites). Grande capacité des architectures (depuis un système mono-serveur jusqu'à des systèmes de services distribués sur des dizaines de serveurs avec redondance et réplication) et très grande simplicité de mise en œuvre (pas d'installation nécessaire au niveau de chaque utilisateur) apportent un gain mesurable tant aux responsables d'exploitation qu'aux utilisateurs eux-mêmes et sur le plan de la cybersécurité avec l'emploi de protocoles sécurisés (HTTPS). Standard de fait dans tous les applicatifs modernes de gestion (ERP, CRM, etc.), c'est aussi un support natif pour toutes les « nouvelles technologies » de connexion ou d'accès à l'information (wifi, smartphones, tablettes, etc.). L'intranet permet ainsi d'envisager sans investissement majeur l'usage de nouveaux dispositifs pour le pilotage de production.

## Conclusion

Même s'ils ont souvent été mis en place pour satisfaire des contraintes techniques du process, les procédés batch s'avèrent particulièrement bien adaptés au monde industriel d'aujourd'hui, car ils permettent de changer régulièrement de type de fabrication sur une même ligne de production.

De ce fait, ils permettent la réduction des délais d'étude et de réalisation de produits nouveaux, donnant ainsi aux industriels un avantage compétitif indéniable dans une dynamique d'innovation continue.

La généralisation de l'automatisation des lignes de production pose aux industriels un nouveau défi. En effet, la traduction du procédé en un programme automate nécessitant des compétences externes pour être modifié risque de brider les capacités des installations en termes de souplesse (changement rapide de produit fabriqué) et de productivité (gestion d'un haut niveau de parallélisme des opérations lors de séquences de production variées). Par ailleurs, la mise en place d'une traçabilité fine des opérations automatisées exige des développements informatiques spécifiques lourds et difficiles à valider.

Avec les moteurs batch, les opérations élémentaires peuvent être enchaînées au niveau d'un serveur PC, et sont aisément modifiables par un éditeur graphique, apportant une grande souplesse dans l'exécution des recettes. La fiabilité, la sécurité et l'intégrité des opérations élémentaires est garantie par leur exécution intégrale au niveau de l'automate. Les moteurs batch compatibles avec le standard ISA-88 permettent également de gérer l'allocation des différents équipements et l'optimisation de la productivité. L'enchaînement des opérations au niveau du serveur PC autorise la traçabilité directe du procédé sur une base de données sans développement spécifique complémentaire, et donc de manière rapide et fiable.

Le choix de ce type de technologie apparaît donc comme une brique de base indispensable dans la mise en place d'un MES (Manufacturing Execution System) ou pilotage temps réel de production pour les industries de process, qui gagne à s'inscrire dans l'architecture intranet de l'entreprise pour un accès parfaitement homogène aux informations de production.

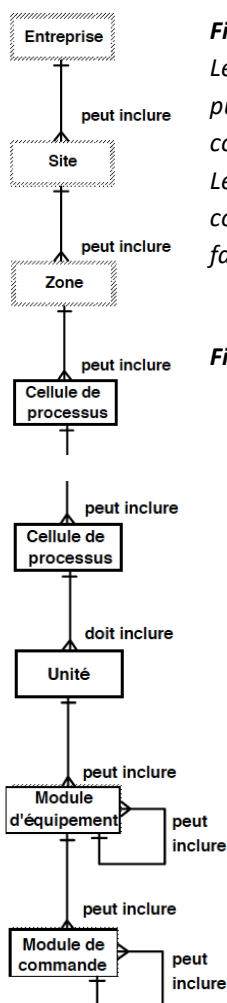
## Annexe – Le standard ISA-88 et les industries de process

### Présentation sommaire de l'ISA-88

Qu'il s'agisse d'une coïncidence ou du principe de nommage de l'ISA, les travaux sur le standard ISA-88 ont débuté en 1988 sous l'égide de l'ISA (International Society of Automation), association internationale sans but lucratif qui regroupe 39 000 membres dans le monde sur plus de 100 pays dans tous les secteurs de l'industrie. L'ISA-88 a été reprise au niveau international sous la désignation IEC 61512.

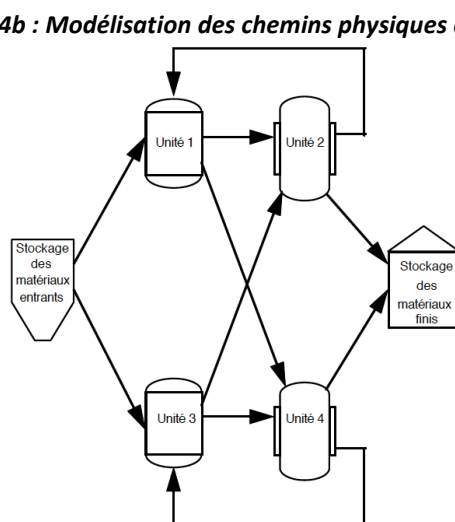
L'ISA-88, longtemps connu sous le nom de *standard S88*, a identifié les pratiques adéquates qui s'appliquent à la conception et à l'exploitation des installations de fabrication par lots (procédés batch) de manière à améliorer la conduite, quel qu'en soit le degré d'automatisation. Elle fournit une terminologie normative ainsi qu'un ensemble cohérent de concepts et de modèles relatifs aux installations de fabrication par lots et au contrôle commande de ces processus.

De manière concrète, l'ISA-88 fournit un modèle de description hiérarchique des installations - qu'elle partage désormais avec le standard ISA-95 pour les systèmes MES – et un langage de description des procédés (PFC ou Procedure Flow Chart) permettant de décrire précisément l'exécution et les contraintes d'un procédé batch, quelle que soit sa complexité.



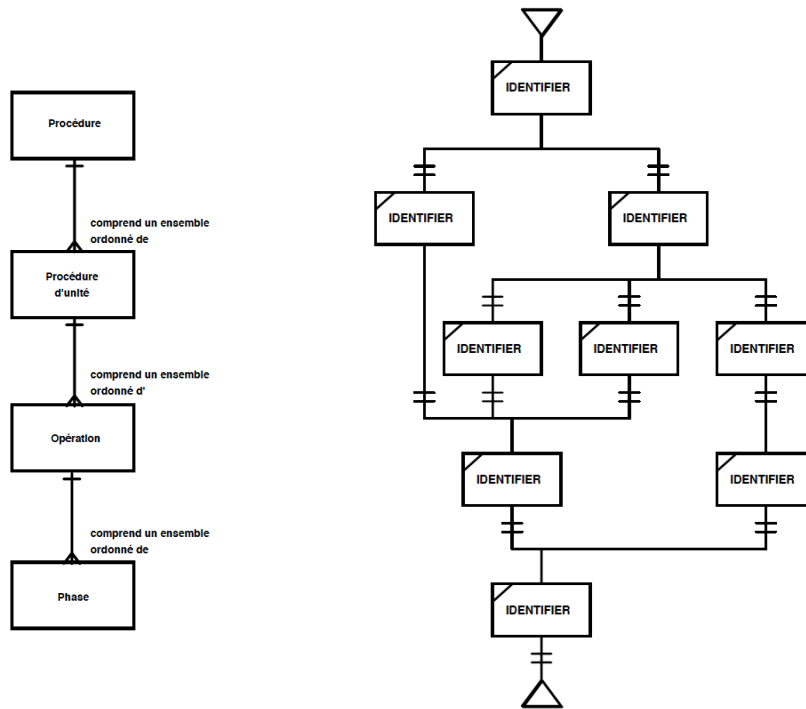
**Figure 4a : Modèle physique hiérarchique des installations**

Le modèle comprend sept niveaux, une entreprise figurant au niveau le plus haut, puis un site et une zone. Ces trois niveaux sont fréquemment définis selon des considérations économiques et ne sont pas modélisés dans la suite de cette norme. Les trois niveaux supérieurs figurent dans le modèle afin de pouvoir identifier correctement la relation entre l'équipement de niveau inférieur et l'entreprise de fabrication.



**Figure 4b : Modélisation des chemins physiques de l'installation**

Les cheminements peuvent être fixes ou variables. Lorsque les cheminements sont fixes, les mêmes unités sont utilisées selon la même séquence. Lorsque le cheminement est variable, la séquence peut être déterminée au début du lot ou pendant la fabrication du lot. Plusieurs lots peuvent être produits en même temps.



**Figure 4c : Modèle d'automatisation de procédure et exemple de PFC (Procedure Flow Chart)**

La procédure occupe le niveau le plus élevé dans la hiérarchie et définit la stratégie de réalisation d'une action de transformation principale telle que la réalisation d'un lot. Elle est définie selon un ensemble ordonné de procédures d'unité, elles-mêmes définies selon un ensemble ordonné d'opérations. Une opération est constituée d'un ensemble ordonné de phases (opérations élémentaires). Le diagramme PFC permet de décrire l'enchaînement des procédures d'unités, opérations ou phases, qu'elles s'exécutent en parallèle ou en séquence, ainsi que les conditions d'exécution de chacune des branches (transitions).

Pour les modèles de données attachés aux recettes, rapports de lots, ...etc., l'ISA-88 utilise un langage de description proche de l'UML (*Unified Modeling Language*).

### **Intérêt de l'existence d'un standard**

L'existence de ce standard, tout à fait unique dans le domaine des industries de process et reconnu internationalement, est porteuse pour les parties concernées (industriels, constructeurs d'automatismes, éditeurs de logiciel, intégrateurs de solutions) de promesses attractives :

- Adoption d'une terminologie, de concepts et de modèles communs aux différentes parties ;
- Réduction du temps passé par l'utilisateur pour atteindre des niveaux de production optimaux lors du lancement de nouveaux produits ;
- Effort facilité pour les constructeurs et éditeurs de logiciels pour la fourniture d'outils appropriés pour le contrôle-commande de processus de fabrication par lots ;
- Meilleure identification par les utilisateurs de leurs besoins ;
- Simplification de la mise au point des recettes de telle manière qu'elles puissent être effectuées sans les services d'un ingénieur spécialiste des systèmes de contrôle-commande;
- Réduction du coût d'automatisation des processus de fabrication par lots;
- Réduction des efforts d'ingénierie relatifs au cycle de vie.

## ***L'ISA-88 : modèle incontournable ou épouvantail ?***

Peu de temps après sa création pour les procédés batch, les rédacteurs de l'ISA-88 rêvaient de l'étendre aux autres procédés. Pourtant aujourd'hui encore, dans la pratique, une partie seulement des industries du process, et principalement les grandes entreprises, ont mis en œuvre l'ISA-88 dans leurs procédés. Pourquoi cette diffusion somme toute restreinte, en regard des bénéfices que ce standard peut apporter ?

Nous pouvons avancer à cela plusieurs raisons. La première est la notion même de standard ou de norme. Coïncidant avec la promulgation d'autres normes comme ISO-9000, 9001, 9002, la norme ISA-88 a été perçue par certains industriels comme une contrainte potentielle de plus plutôt que comme le guide de bonnes pratiques qu'elle constitue. Dès lors, à partir du moment où industriels et intégrateurs ont compris que ce standard n'avait pas vocation à devenir une exigence, son implémentation dans le contrôle-commande a disparu des priorités à court terme.

Une autre raison tient à la capacité de l'ISA-88, comme nous avons pu l'entrapercevoir ci-dessus, à traiter des process, des organisations physiques et des processus d'exécution très complexes et très optimisés. Dans l'ISA-88, cette capacité a été rendue possible par l'introduction d'un certain nombre de notions sur les équipements (unité, module d'équipement, module de contrôle, ...), les procédures (procédures d'unités, opérations, phases, interlock), le dialogue avec les automates (repos, démarrage, pause imminente, pause, reprise, arrêt, abandon), les recettes (recette maître, recette de contrôle, ...) ayant un effet « inhibant » pour l'intégrateur ou l'industriel dont le procédé n'exige pas, tout au moins de prime abord, ce niveau de complexité, et qui ont pu voir dans la norme ISA-88 un standard réservés aux spécialistes. En réalité, la plupart des notions complexes introduites par la norme sont d'un usage facultatif, mais cette caractéristique n'apparaît pas immédiatement.

Une dernière raison tient aux éditeurs de logiciels, qui se sont sans doute un peu trop retranchés derrière « la norme » et ses « contraintes », pour justifier telle ou telle inaptitude à exécuter le procédé suivant le souhait de l'industriel. De ce fait, la norme a pu apparaître comme limitant les capacités du procédé, alors que grâce à la flexibilité qu'elle est susceptible d'introduire, c'est tout le contraire qui est vrai.

### ***En résumé sur l'ISA-88...***

En réalité, le standard ISA-88 est d'un grand apport pour toutes les parties. Il a structuré avec succès l'automatisation des procédés batch, en permettant le contrôle des procédés avec un maximum de sécurité, de flexibilité et de productivité. Il permet aussi à l'industriel de se « réapproprier son process », dont la connaissance fine n'est plus entièrement entre les mains des automaticiens ou des intégrateurs de solutions logicielles. Les moteurs batch qui s'appuient sur l'ISA-88 bénéficient donc d'une structure ouverte, solide et performante. Mais l'ISA-88 n'affranchit pas les éditeurs de la charge de fournir des solutions logicielles ergonomiques et simples d'emploi. Une charge qui leur incombe totalement et qui est – en grande partie tout au moins – la clé de leur utilisation la plus large.