

La traçabilité en production au regard des normes ISA 88 et ISA 95

Jean Vieille*

La Traçabilité

Au-delà d'un simple rapprochement composé-composant, la Traçabilité va bien au-delà de la collecte et de l'historisation des flux matières permettant une généalogie, aussi complexe soit-elle de chaque constituant identifié et permettre par exemple un rappel de produits défectueux partageant le même composant suspect.

Si le produit circulant dans la chaîne logistique est bien le centre d'intérêt de la traçabilité, l'information utile qui ressort de sa mise en œuvre répond à un certain nombre de questions importantes des processus décisionnels critiques de l'entreprise. L'application classique de la traçabilité pour identifier rapidement tous les lots défectueux liés à une même cause n'est qu'un élément de justification de l'adaptation nécessaire des systèmes d'information. La traçabilité considérée globalement vise à capturer toutes les conditions opératoires critiques et implique la mise à disposition d'une information structurée suffisamment précise et détaillée, étape essentielle pour la maîtrise et l'amélioration des processus de fabrication, de l'utilisation et de la performance des ressources.

Le rôle particulier du système de production dans la Traçabilité

La Traçabilité concerne potentiellement l'ensemble des fonctions de l'entreprise : Gestion des actifs, Recherche et Développement, Fabrication, Logistique, Assurance Qualité, Maintenance, Relation clients et fournisseurs...

Le système de production occupe une place particulière par son rôle clé d'interface pour la collecte des données relative à la mise en œuvre des matières et par les activités décisionnelles et opérationnelles de transformation de la matière qui impactent directement la nature des produits mis sur le marché.

Traçabilité et systèmes d'information

S'agissant de données (valeurs factuelles, sans signification propre et d'informations (réponses aux questions posées), les systèmes d'information sont naturellement fortement impliqués dans la traçabilité, qu'il s'agisse de la collecte et de l'organisation des données ou du support des processus de création d'informations.

La décision d'élever le niveau de complétude et de maturité de la traçabilité dans l'entreprise se traduira donc le plus souvent par des projets concernant les systèmes d'information de l'entreprise, et plus sûrement encore, leur aptitude à coopérer en échangeant de l'information. Finalement, une démarche Traçabilité peut s'inscrire dans une approche plus globale de rationalisation du contrôle des opérations (norme ISA88) et de coopération des niveaux Gestion et Exécution de l'entreprise (norme ISA95) qui visera de façon générale une meilleure visibilité du système de production et une plus grande agilité de la chaîne logistique.

2 normes pour contrôler les processus de fabrication

Lorsque l'on s'intéresse au contrôle des systèmes de production, les normes ISA88

et ISA95 sont citées spontanément par plupart des ingénieurs chargés de spécifier et concevoir les systèmes d'information en charge du support des activités opérationnelles du plancher de l'usine.

La première traite de l'intégration forte du système d'information dans les constituants physiques hiérarchisés de l'usine, par exemple d'une simple pompe jusqu'à l'atelier complet. Elle permet définir les services fonctionnels offerts par les « Entités d'Équipement » et leur orchestration pour obtenir le résultat souhaité (la mise en marche de la pompe au moment opportun, le déroulement du processus de fabrication complet d'un produit).

La seconde traite des processus et tâches de gestion des activités physiques de l'usine (planification détaillée et supervision du travail et des ressources)

Les 2 normes offrent des modèles de structure des données pour gérer et échanger l'information relative à ces activités physiques entre les systèmes d'informations concernés. Elles offrent un support naturel pour la traçabilité :

- au sein du système de production lui-même dont l'agilité et la flexibilité deviennent pleinement compatibles avec les exigences de précision et de fiabilité de l'information à tous les niveaux de granularité requis*
- dans la mise en œuvre des processus collaboratifs exigés par la traçabilité qui concernent toujours des systèmes d'information distincts aux cycles de vies indépendants.*

La présentation nécessairement concise de ces 2 normes au contenu particulièrement riche est orientée en regard du sujet de la traçabilité. Elle ne saurait constituer une référence pour leur compréhension et leur mise en œuvre.

1 La norme ISA88

1.1 Vue d'ensemble

1.1.1 Présentation

La norme ISA88 « Batch Control » a été publiée pour la première fois en 1995. Elle avait pour objectif de faciliter le contrôle des procédés discontinus flexibles « Batch ». Elle comprend actuellement 5 parties publiées ou en cours de développement :

Part 1: Modèles et Terminologies (1995)

Part 2: Structures de données et Règles générales relatives aux langages (2001)

Part 3: Recettes Générales et Sites – Modèles et Représentation (2003)

Part 4: Enregistrements de production Batch (2005)

Part 5: Interface Recette Equipement (?)

Cette norme est développée par l'ISA, et certaines parties ont été publiées en tant que normes internationales (voir les références normatives détaillées en fin d'article)

1.1.2 Conception objet des applications d'automatisme

La norme repose sur une approche conceptuelle orientée objet. En ce sens, elle traite de la réutilisation, de la Gestion de la connaissance et de la conception robuste des systèmes automatisés. Son originalité sur ce point réside dans l'abstraction progressive de ses modèles hiérarchiques qui autorise un haut niveau de réutilisabilité des classes d'objets issues de et instanciées sur les systèmes réels.

1.1.3 Flexibilité du système

C'est la flexibilité qui a suscité la création de la norme. La flexibilité d'un système de production automatisé recouvre plusieurs aptitudes telles que pouvoir :

- Fabriquer différents produits avec la même installation physique,
- Fabriquer le même produit en utilisant des ressources alternatives appartenant à la même installation,
- Enchaîner la fabrication de produits différents ou de produit identiques utilisant des modes opératoires différents sans autres contraintes que physico-chimiques,
- Prendre en compte très rapidement des modifications de la configuration physique des installations ou des modes opératoires.

1.1.4 Ouverture sur l'interopérabilité et Information de production

Les modèles et la terminologie imposés par la norme facilite la compréhension et le dialogue entre les ingénieurs d'industrialisation, les fournisseurs de systèmes, les concepteurs d'application, les opérateurs. Elle propose également des structures de données standard qui permettent l'interopérabilité entre les systèmes, et plus particulièrement l'enregistrement des données de production en rapport direct avec la traçabilité (parties 2 et 4).

1.1.5 Description et Industrialisation des procédés de fabrication

La norme différencie la définition des processus regroupant les actions et transformations physico-chimiques à effectuer pour obtenir un produit de caractéristiques déterminées de la définition des séquences opératoires d'animation

de l'installation physique en charge de fabriquer le produit (partie 1). Elle définit 2 langages de spécification des processus de fabrication correspondant à ces 2 aspects (parties 2 et 3) et propose une méthode de conversion entre ces 2 modèles procéduraux (partie 3)

1.1.6 Applications

Initialement conçue pour le Batch, son application s'est largement répandue pour s'appliquer globalement à toutes les typologies de fabrication de biens ou de production de fluides. Au-delà des applications initialement visées (réacteurs chimiques par exemple) elle traite avec succès le contrôle des chaudières industrielles, la propulsion maritime, la fibre optique, la menuiserie...

La norme reste distante de la technologie et n'implique pas nécessairement l'utilisation de systèmes d'information pour sa mise en œuvre. Toutefois, de nombreux constructeurs de système et éditeurs de logiciels tirent partie de cette norme pour offrir des solutions qui facilitent les développements : outils de spécification fonctionnelle, gestionnaires de recettes, bibliothèques logicielles d'automates et de contrôleurs de process, historiens des données de fabrication, gestionnaire de cycle de vie produit...

1.2 Objectifs

Les objectifs de la norme peuvent être synthétisés à l'extrême par la Figure 1 .

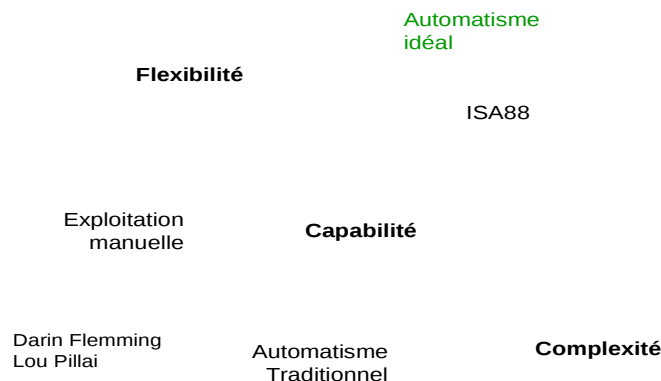


Figure 1 - Les objectifs de la norme

Toute mise en œuvre de la norme devrait donc se traduire, pour une capabilité fonctionnelle donnée, par une complexité réduite et une flexibilité améliorée.

1.3 Entités d'équipement et modèle Physique

La notion d'entité d'équipement est à la base de la norme. Elle suppose que chaque constituant physique de l'installation possède ses propres comportements et inclut donc l'« automatisation » correspondant. Cette approche, somme toute très logique et intuitive, est en conflit direct avec les pratiques courantes issues de la centralisation des systèmes et constitue l'une des principales difficultés que peut poser l'application de la norme.

La Figure 2 montre la décomposition physique hiérarchique des entités d'équipement

– EEx – . Chaque entité d'équipement est une agrégation d'entités d'équipement de niveau inférieur et intègre des fonctions – Fy – assurées le cas échéant par du code informatique. Ces fonctions sont nommées Eléments Procéduraux par la norme et interagissent avec les fonctions des entités d'équipement de niveau inférieur.

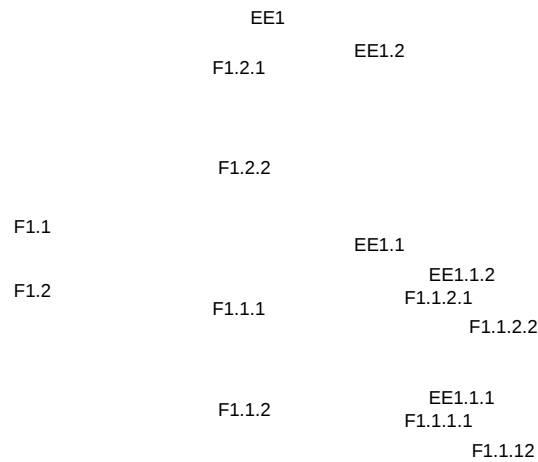


Figure 2 - Hiérarchie physique et Entité d'équipement

La norme définit le modèle physique hiérarchique représenté sur la Figure 3 . Ce modèle est extensible et réductible, toutefois les 4 niveaux inférieurs ont une définition et un rôle précis qui doivent être pris en compte dans la modélisation

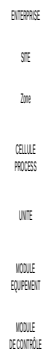


Figure 3 - Modèle physique

1.4 Modèle Procédural Equipment

Alors que le modèle physique définit le périmètre de chaque constituant de l'installation de production, le modèle procédural permet d'exprimer les fonctionnalités, ou plus exactement les « Services Process » offerts par l'entité d'équipement correspondante et accessibles par toute entité d'équipement de niveau supérieur.

La norme définit une hiérarchie fonctionnelle en relation avec le niveau physique hiérarchique comme le montre la Figure 4

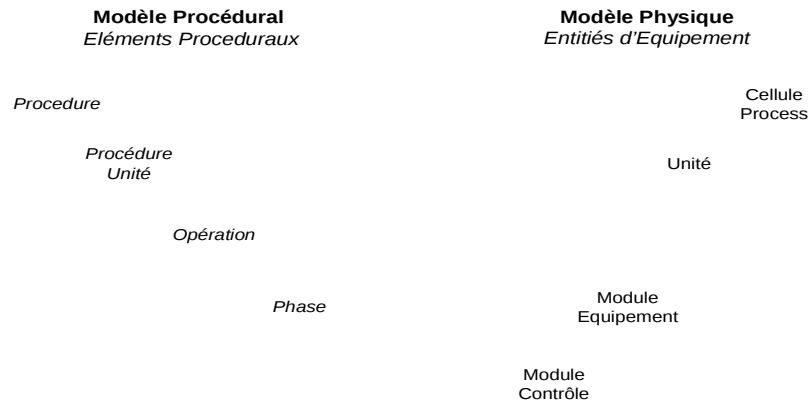


Figure 4 - Modèle procédural

Le modèle procédural définit la structure hiérarchique des « Eléments Procéduraux d'Equipement » utilisée pour définir des services fonctionnels de tout niveau.

1.5 Découplage et coopération Recette et Equipement

L'organisation physique et fonctionnelle d'un système de production telle que présentée ci-dessus permet de décrire et mettre à disposition des « Services Process » de tout niveau, y compris la production d'un service ou d'un produit déterminé. Arrivés à ce point, la norme permet déjà de prendre en compte les nombreuses installations industrielles « non flexibles », dédiés à un processus de fabrication unique.

Cette infrastructure fonctionnelle articulée sur l'organisation physique appropriée de l'installation peut être complétée par la « Recette », partie configurable du système de production pour répondre aux objectifs de flexibilité énoncés précédemment.

La recette (ou plus exactement la Recette Maître) est elle-même intégrée dans le modèle physique au sein de l'entité d'équipement « Cellule Process ». Elle repose sur le même modèle procédural dont les éléments fonctionnels s'appellent à présent des « Eléments Procéduraux de Recette ».

Les éléments procéduraux de recette sont assemblés de la même façon en séquences hiérarchisées d'enchaînement jusqu'à ce que l'activation d'un service process soit requise, établissant un lien avec un élément procédural d'équipement apte à rendre ce service. L'élément procédural peut être déterminé par le choix explicite de l'entité d'équipement cible, ou bien ouvert aux alternatives possibles offertes par le choix d'une catégorie d'entité d'équipement ou de critères de capabilité.

La recette définit donc pour chaque « Elément Procédural de Recette » des attributs qui permettront de caractériser le mode opératoire et de guider l'exécution du processus de fabrication, parmi lesquels la formule (paramètres) et la spécification de l'équipement cible.

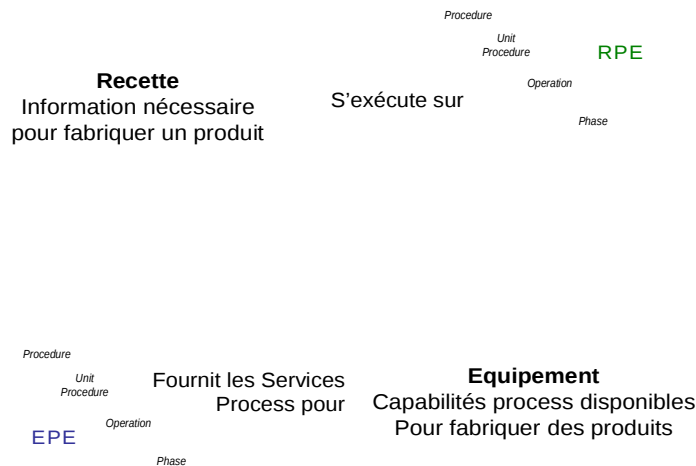


Figure 5 - Relation entre recette et équipement

La Figure 5 montre la relation entre l'équipement (Services Process fixés par l'ingénierie) et la recette (mode opératoire de fabrication configurable)
Le couplage entre la recette et l'équipement est défini en fonction des objectifs de flexibilité recherchés. La Figure 6 montre différentes options possible de répartition du modèle procédural.

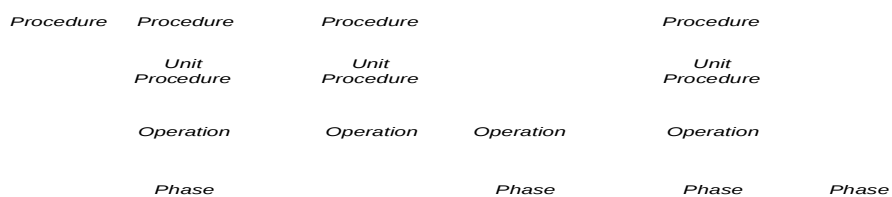


Figure 6 – Partage du modèle procédural entre Recette et Equipement

Le modèle procédural sert donc à la fois à exprimer les capacités fonctionnelles de l'équipement et l'enchaînement opératoire pour l'élaboration du produit.
La Recette Maître définit le mode opératoire standard applicable pour obtenir un produit donné sur une installation spécifique. La Recette de Contrôle définit l'instance de la Recette Maître qui pilote l'exécution d'une fabrication réelle.

1.6 De la conception produit à l'automatisation du processus de fabrication

La norme définit deux types de recettes : Dépendante et Indépendante des équipements. La première partie de cette présentation traitait du premier type, qui recouvre les recettes Maître et de Contrôle.

La 3^{ème} partie de la norme développe le second type de recettes qui permettent de définir les spécifications de fabrication d'un produit en termes de transformation physico-chimique et de contraintes sur le choix des équipements. Le « Modèle Process » permet de décrire l'enchaînement hiérarchique des transformations à

accomplir pour obtenir le produit spécifié. Bien qu'assez ressemblant (4 niveaux nommés Process, Etape Process, Opération Process et Action Process) ce modèle représente une approche radicalement différente du processus d'élaboration du produit, décrivant des flux d'évolution de la matière au lieu d'enchaînement temporels d'activités physiques.

La Figure 7 montre le cycle général d'ingénierie du besoin client à l'animation de l'installation industrielle. Elle met en évidence 2 interfaces :

- entre la description du besoin indépendamment de l'équipement (Recette Générale / Site) et le mode opératoire applicable sur l'installation cible (Recette Maître / Contrôle) – La transformation est décrite dans la partie 3 de la norme
- entre la recette Maître / Contrôle et l'équipement proprement dit – l'interface devrait être traitée dans la partie 5 de la norme.

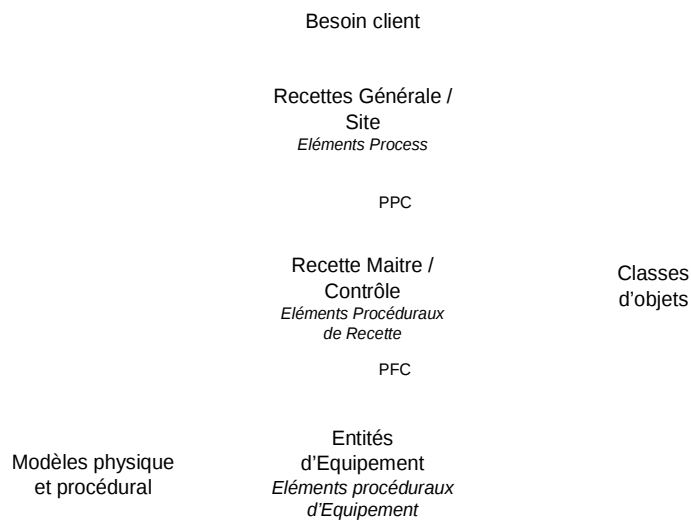


Figure 7 - De la conception produit à la fabrication

Elle met également en regard les 3 entités « fonctionnelles » Eléments Process / Eléments Procéduraux de Recette / Eléments Procéduraux d'Equipement les classes d'objets auxquelles elles doivent faire référence.

Finalement, les 2 langages PPC et PFC de description des processus permettent la représentation des 2 types de recettes.

1.7 Langages PPC et PFC

La norme définit 2 langages de description des recettes adaptés au modèle Process utilisé par les Recettes Générale et Site indépendantes des équipements (le PPC) et au modèle Procédural appliqué aux recettes Maître et de Contrôle liées à l'équipement (le PFC).

1.7.1 Le Langage PPC

Le PPC (Process Procedure Chart) est un diagramme de flux de transformation de la matière. Chaque rectangle représente une étape de transformation, tandis que les flèches représentent le passage des matières transformées d'une étape à l'autre.

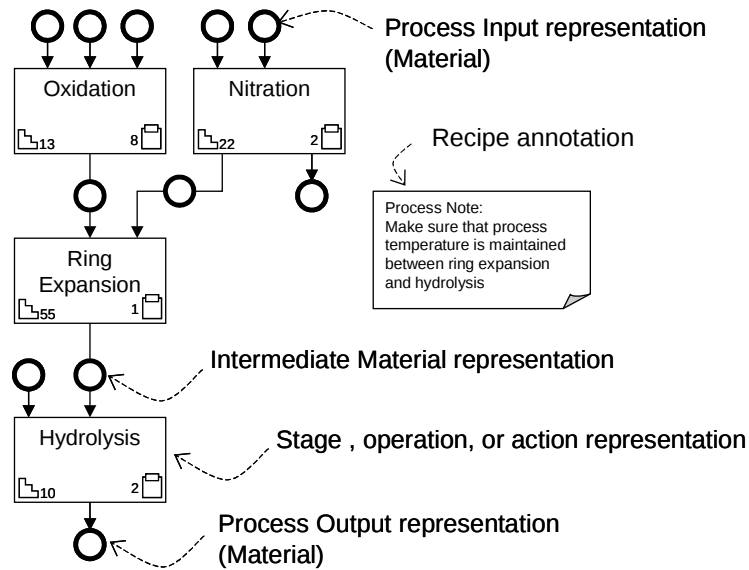


Figure 8 - Représentation Graphique PPC (extrait de la norme ANSI/ISA88.00.03)

1.7.2 Le langage PFC

Le langage PFC (Procedural Function Chart) permet la description de séquences opératoires hiérarchisées. Il a été conçu en combinant plusieurs modes de représentation déjà utilisés (Grafset, Gantt) dans l'industrie pour répondre à ce besoin et apporte des dispositions particulières pour offrir une représentation naturelle aussi bien pour les ingénieurs chargés de l'industrialisation des procédés que pour les opérateurs en charge de l'exploitation des installations. La Figure 9 montre un exemple de représentation PFC d'une recette.

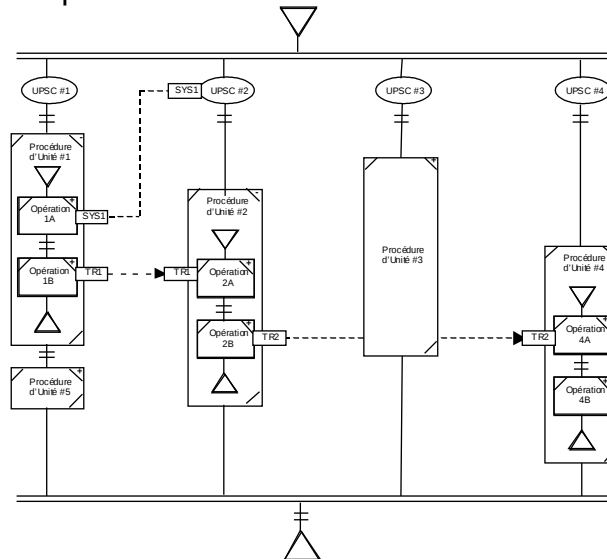


Figure 9 - Représentation graphique PFC (extrait de la norme ANSI/ISA88.00.02)

1.8 Structures d'échange de données

La partie 2 de la norme définit l'ensemble des structures de données utiles pour échanger l'information correspondant aux modèles de la norme.

La partie 4 nous intéresse plus particulièrement parce qu'elle décrit plus en détail l'information de production. La Figure 10 montre les objets de niveau supérieur de

l'enregistrement de production.

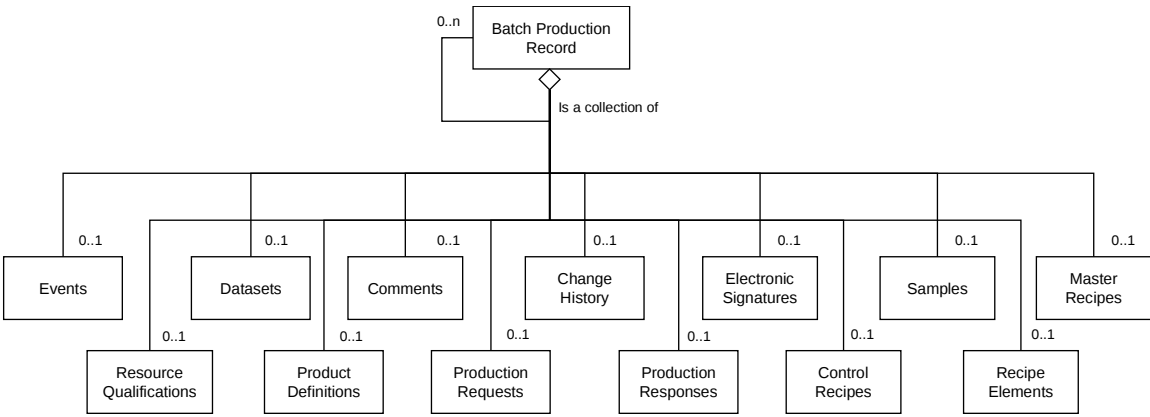


Figure 10 - Modèle d'enregistrement de production (tiré de ANSI/ISA88.00.04)

2 La norme ISA95

2.1 Vue d'ensemble

2.1.1 Présentation

La norme ISA95 « Enterprise - Control System Integration » a été publiée pour la première fois en 2000. Elle traitait initialement les échanges d'information entre les domaines de la gestion et de la production dans les industries manufacturières. Elle s'est ensuite étendue à l'ensemble des activités opérationnelles du plancher de l'usine, en ajoutant la dimension fonctionnelle à celle purement informationnelle initiale. Elle comprend actuellement 6 parties publiées ou en cours de développement :

Part 1: Models and Terminology (2000)

Part 2: Data Structures and Attributes (2001)

Part 3: Activity Models of Manufacturing Operations Management (2005)

Part 4: Object Models and Attributes of Manufacturing Operations Management (future)

Part 5: Business to Manufacturing Transactions (2005)

Part 6: Manufacturing Operations Management Transactions (future)

Sans rapport apparent direct avec la norme ISA88, elle s'est toutefois construite dans sa continuité logique induite par l'historique et la composition des groupes de travail respectifs et les deux normes se recouvrent sur de plusieurs points.

2.1.2 MES : Systèmes d'information industriels

L'acronyme MES (Manufacturing Execution System) créé en 1994 désigne aujourd'hui les systèmes d'information industriels en charge du support de la production. Ces systèmes qui ne prenaient en charge que l'automatisation des processus de fabrication (traités en particulier par la norme ISA88) traitent à présent l'ensemble des fonctions d'organisation, de suivi et d'optimisation du travail ainsi que la gestion des ressources.

La norme établit une infrastructure fonctionnelle multidimensionnelle dans le but de faciliter la définition fonctionnelle des systèmes d'information industriels.

2.1.3 B2M – Business To Manufacturing

La norme traite en premier lieu des échanges d'information entre les domaines de la Gestion et de la Production.

Elle offre pour cela des structures de données qui permettent une définition précise et mutuellement compréhensible par les acteurs concernés du contenu de l'information échangée. Complétée par la définition des média et des protocoles d'échange, elle constitue une base indispensable pour l'interopérabilité des systèmes d'information correspondants.

D'autres efforts de normalisation complète cette norme pour supporter sa mise en œuvre et permettre l'interopérabilité des solutions sur la base de la norme (exemple : B2MML, OAGIS)

2.1.4 Applications

La norme intervient dans les applications suivantes :

- Cahier des charges et spécification fonctionnelle de systèmes d'information industriels
- Cahier des charges et spécification fonctionnelle d'interface entre les systèmes d'information industriels et les systèmes de gestion
- Réalisation de connecteurs d'interface pour les logiciels et solutions informatiques concernées par la production industrielles

2.2 Modèles des fonctions de gestion opérationnelle de la production

2.2.1 Modèle générique de gestion des activités physiques

La partie 3 de la norme définit le modèle générique de gestion des activités opérationnelles présenté Figure 11 .

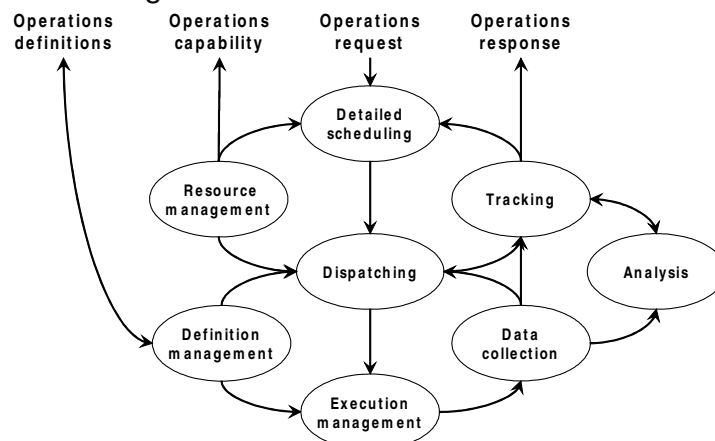


Figure 11 - Modèle générique des activités de gestion des opérations de production (tiré de ANSI/ISA95.00.03)

La plupart de ces fonctions interviennent potentiellement dans la traçabilité.

2.2.2 Infrastructure de définition fonctionnelle

Ce modèle peut s'appliquer à n'importe quel type d'activité, la norme définissant les suivantes : Production, Maintenance, Qualité, Stocks. En y ajoutant des fonctions supports non spécifiques, la norme offre finalement une infrastructure de définition fonctionnelle tridimensionnelle présentée sur la Figure 12 .

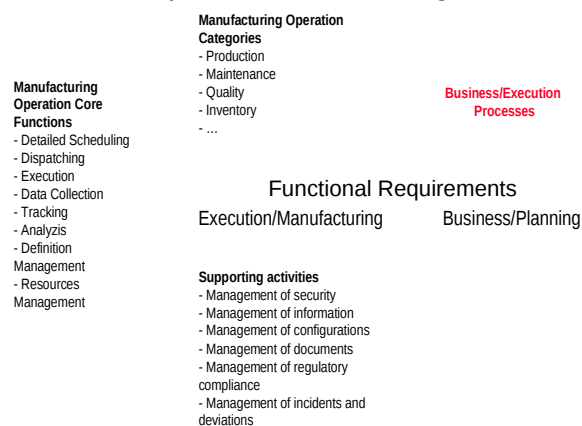


Figure 12 - Infrastructure de définition fonctionnelle

2.3 Standardisation des échange de données de production

2.3.1 Modèles physique ISA88 étendu

La norme étend et généralise le modèle physique de la norme ISA88. En effet, la terminologie relativement spécifique de la norme dans les couches basses du modèle devait être aménagée pour offrir des alternatives plus acceptables dans les autres domaines manufacturiers. Il est intéressant de noter que les nouveaux termes ne font que remplacer les noms existants sans en changer la signification, validant ainsi l'abstraction possible de la norme ISA88 et son application généraliste.

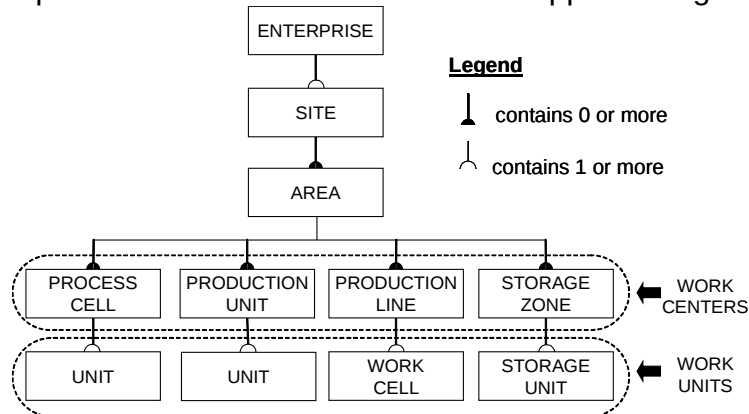


Figure 13 Modèle physique ISA95 (tiré de ANSI/ISA95.00.03)

2.3.2 Les modèles de données

La norme définit 8 modèles de données pour traiter tous les besoins d'échange d'information : Personnel, Equipement, Matière, Segment Process, Capacité de Production, Information Produit, Plan de Production, Rapport de Production. L'ensemble des modèles et leurs interrelations sont présentés de façon simplifiée et très approximative sur la Figure 14 .

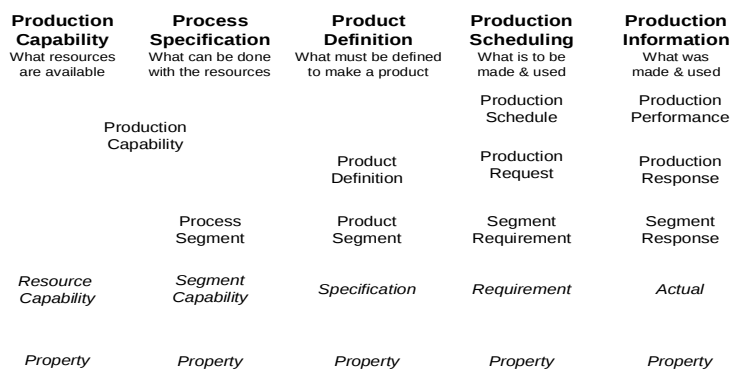


Figure 14 - Vue d'ensemble des modèles de données (tiré de ANSI/ISA95.00.01)

A partant de la gauche de la figure, le modèle Production Capability supporte l'information sur l'état et la disponibilité des ressources indépendamment du contexte opératoire. Le modèle Process Segment définit la capacité opérationnelle en termes d'aptitude à fournir un service orienté process (cf. modèle procédural ISA88) et de mobilisation des ressources (Matières, Equipements, Personnel). Le modèle Product Definition établit le lien entre la demande de production et les

aptitudes de l'installation cible, assurant un découplage et une abstraction entre la définition de la mission et son exécution. La définition d'un produit est décomposée en Product Segment dont le périmètre et la granularité sont guidés par des considérations indépendantes de l'installation réelle (gestion de production, planification logistique... cf. Recettes Générale / Site et Maître / Contrôle d'ISA88) Le modèle Production Schedule accueille les demandes de production en provenance généralement du système de gestion vers le système de production. Il se compose de demandes de production (Production Request) décomposées en Segments corrélés avec les Process Segments et Product Segment. Le modèle Production Performance est présenté plus en détail ci-dessous.

2.3.3 Le modèle « Production Performance »

Pour rester dans le cadre de cet article, un seul modèle sera présenté ici. Il s'agit du modèle « Rapport de Production » dans la mesure où il concerne très directement traçabilité.

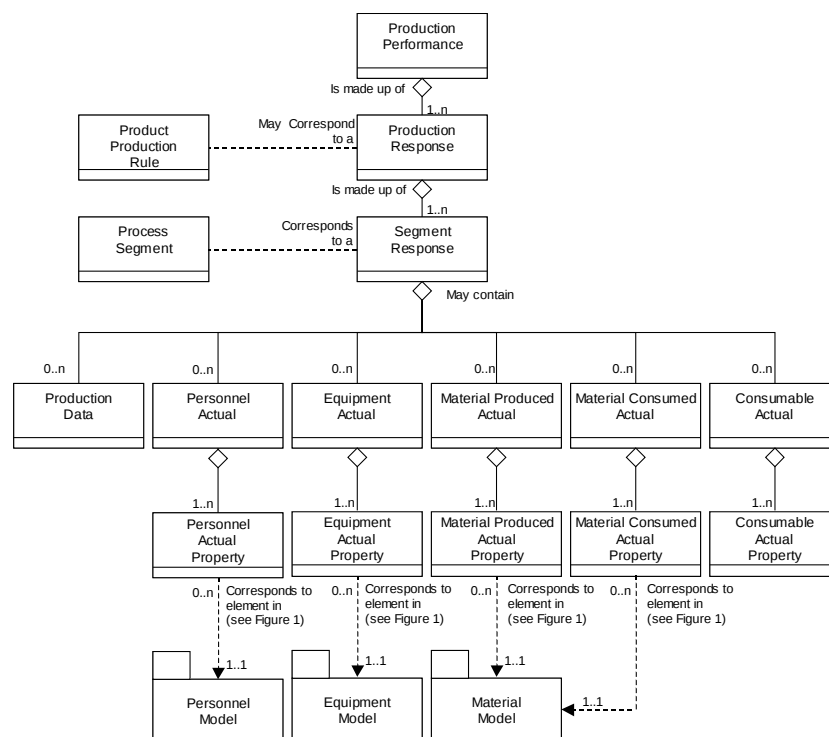


Figure 15 - Modèle « Rapport de Production » (tiré de ANSI/ISA95.00.02)

Ce modèle est destiné à supporter les échanges d'information concernant une production réalisée en tout ou partie.

- l'objet Production Performance regroupe l'ensemble des rapports de production individuels (Production Response)
- L'objet Production Response contient l'information relative à une session de production particulière, en rapport avec les « règles de production » associées au processus de fabrication utilisé
- L'objet Segment Response décompose la réponse de production selon les étapes de fabrication. La version actuellement publiée de la norme ne fait pas mention de la récursivité obligatoire du segment pour supporter des processus de fabrication à plusieurs niveaux (cf. le modèle procédural ISA88 précédemment étudié). Les 3 objets qui viennent d'être cités permettent donc de caractériser le contexte spécifique de l'information, et ceci au niveau de

granularité désiré

- Les objets Personnel Actual, Equipment Actual, Material Produced Actual, Material Consumed Actual, Consumable Actual rapportent les informations d'utilisation effective des ressources, information de base pour la traçabilité. A titre d'exemple, le Tableau 1 décrit les attributs proposés par la norme pour l'objet Material Consumed Actual, similaires à ceux des autres objets.

Tableau 1 - Attributs de l'objet « Material consumed actual » (tiré ANSI/ISA95.00.02)

Attribute Name	Description	Example
Material Class	Identifies the associated <i>material class</i> or set of <i>material classes</i> actually used for a specific <i>segment response</i> . *	Paint
Material Definition	Identifies the associated <i>material definition</i> or set of <i>material definitions</i> actually used for a specific <i>segment response</i> . *	Red Paint
Material Lot	Identifies the associated <i>material lot</i> or set of <i>material lots</i> actually used for a specific <i>segment response</i> . *	GP-RED-42
Material Sublot	Identifies the associated <i>material sublot</i> or set of <i>material sublots</i> actually made for a specific <i>segment response</i> .*	GP-RED-42-A
Description	Contains additional information and descriptions of the <i>material consumed actual</i> .	"Paint to be used to finish the widgets in the polishing segment"
Location	Identifies location from which the material was consumed.	Maintenance Crib
Quantity	Specifies the amount of material resources consumed by the parent segment, if applicable. Applies to each member of the <i>material lot</i> , <i>material sublot</i> , <i>material definition</i> , or <i>material class</i> sets.	12
Quantity Unit of Measure	Identifies the unit of measure of the quantity, if applicable.	355 ml Cans

La norme permet donc de rapporter l'utilisation des ressources structurée selon le modèle d'élaboration du produit et au degré de granularité souhaités.

2.3.4 Processus collaboratifs et transactions

La partie 5 de la norme exploite les modèles de données pour offrir une base transactionnelle standardisée définissant des messages au contenu et à la signification spécifiques. L'approche retenue par la norme reprend le concept général OAGIS, en associant pour chaque message un « nom » contenant l'information échangée et un « verbe » indiquant l'action portant sur ou précisée par cette information comme représenté sur la Figure 16

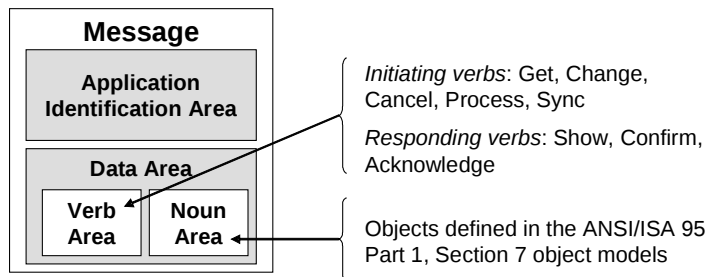


Figure 16 - Structure générale d'un message (tiré de ANSI/ISA 95.00.05)

Les « noms » sont les différents éléments d'information apparaissant dans les modèles de la norme. Par exemple, les noms associés au modèle Production Performance décrit plus haut sont : Production Performance, Production Response, Product Production Rules, Segment Response, Production Data, Personnel Actual, Equipment Actual, Material Produced Actual, Material Consumed Actual, Consumable Actual, Personnel Actual Property, Equipment Actual Property, Material Produced Actual Property, Material Consumed Actual Property, Consumable Actual Property.

Les verbes sont définis par la norme pour traiter 3 types de modèles transactionnels :

- Push : le possesseur de l'information initie l'échange à destination d'un consommateur spécifique
- Pull : le consommateur de l'information initie l'échange
- Publish : le possesseur de l'information initie l'échange à destination de ceux qui y ont souscrit

Le Tableau 2 indique les verbes applicables et la Figure 17 montre de l'exemple de transactions entre deux systèmes.

Tableau 2 Verbes applicables aux transactions B2M (tiré de ANSI/ISA 95.00.05)

Verb	Transaction model	Description
Cancel	PUSH	Request to a receiver to remove information.
Change	PUSH	Request to a receiver to change information.
Process	PUSH	Request to a receiver to process a new information
Acknowledge	PUSH	Acknowledgement of a Process request.
Get	PULL	Request to a receiver for information on one or more objects
Show	PULL	Response to a GET.
Sync Add/Change/Delete	PUBLISH	Request from the owner of the object to add, change, or delete information
Confirm	all	Confirmation response to a request.

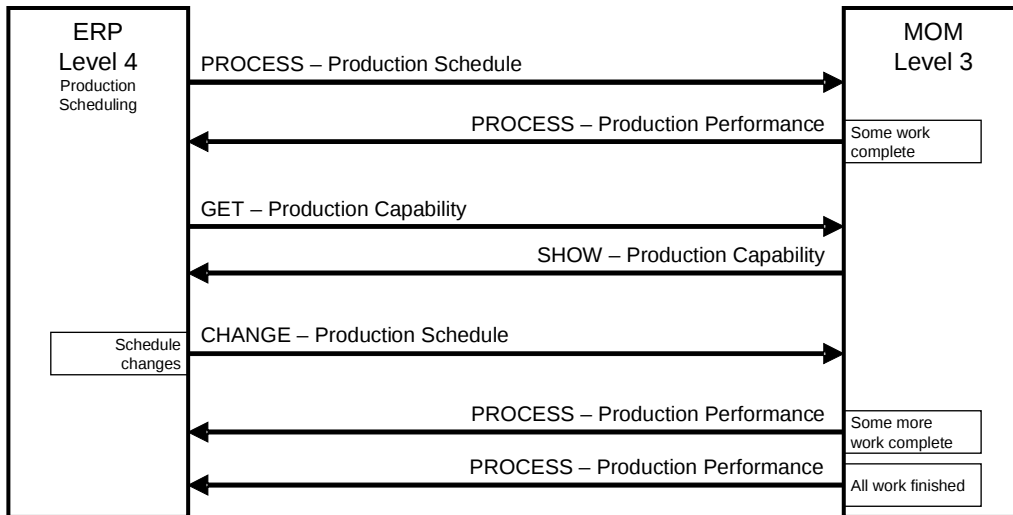


Figure 17 Exemples de transactions Push et Pull

3 ISA88 et ISA95

3.1 Une vision cohérente du système de production

A première vue, les 2 normes ISA88 et ISA95 semblent traiter des problèmes très différents. Dans la pratique également, les systèmes d'information de production sont abordés de façon disjointe selon que l'on s'intéresse à l'élaboration du produit ou bien à la supervision des activités opérationnelles de l'usine.

Enfin, les solutions techniques mises en œuvre sont largement dissociées.

Face à cette stratification des systèmes d'information au sein même de l'entité homogène que constitue le système de production, on peut s'interroger sur l'opportunité d'une vision plus globale de continuité des processus :

- processus de production partant de la décision de fabriquer une quantité déterminé de produit (réception d'un ordre de production) jusqu'à l'activation des ressources matérielle (démarrage des moteurs, ouverture des vannes) et au marquage de l'étiquette sur l'emballage du produit fini
- processus de gestion des ressources (matières, équipements, personnels) et de leur performance
- processus de gestion des référentiels (méthodes de fabrication, capacités de production)

La précision et la finesse de granularité de la traçabilité est directement conditionnée par une telle approche globale, capable de capter une étiquette RFID, un point de mesure, un commentaire opérateur, un événement matériel au sein d'un processus prédéfini et contrôlé, d'assurer la disponibilité de ces données totalement contextualisées et de les utiliser pour produire de l'information relatives à l'exécution, la performance et l'amélioration des processus.

Les 2 normes sont encore dissociées en raison de leur chronologie et de la prise de conscience encore inachevée de la véritable portée actuelle du contrôle de la production.

Des travaux sont en cours pour harmoniser le positionnement de ces normes, mais en attendant, quelques pistes peuvent être proposées pour offrir une infrastructure cohérente des systèmes d'information de production aptes à supporter les flux d'information requis pour assurer la traçabilité de façon simple, précise et fiable.

3.2 Cycles de vies du système de production

D'un point de vue opérationnel, on peut considérer que le système de production dépend de 3 cycles de vie :

- Le cycle produit qui part du besoin marché (marketing) pour aboutir à une spécification du produit vendable (R&D)
- Le cycle d'ingénierie qui part du besoin de capacités de traitement, guidé par les spécifications des produits à fabriquer ou de la demande du marché de sous-traitance
- Le cycle de vente qui part de la commande client jusqu'à sa livraison

Au début de l'ère industrielle, ces 3 cycles étaient pratiquement successifs et pris en charge par une même société, au service d'un marché excédant largement les capacités de production.

Il est clair que les choses changent, et que les 3 cycles ont tendance à s'imbriquer et à se désynchroniser pour suivre une demande beaucoup plus volatile et servie par une concurrence accrue. Le délai pour construire l'usine lorsque l'on a terminé

l'étude du produit est tout simplement rédhibitoire et la mobilisation de ressources de fabrication doit faire appel à l'offre de sous-traitance averse de rentabiliser ses investissements lourds en installations physiques de fabrication.

3.3 Prise en compte de ces cycles de vie dans les 2 normes

Les normes ISA88 et ISA95 prennent toutes deux en compte ces 3 cycles, et l'abstraction de cette vision montre des analogies remarquables derrière une terminologie et des approches à différentes. La similitude des concepts imaginés dans des conditions et des époques bien différentes prouve qu'une approche globale est possible. La Figure 18 montre l'homothétie des principaux éléments conceptuels des 2 normes. En rouge, les éléments ISA95 Production Request, Product Definition, Segment correspondent point à point aux éléments ISA88 en bleu Batch Schedule Entry, Recipe, Equipment / Recipe Procedural Element (EPE/RPE).

La notion de Resource et Production Capability n'existe que dans ISA95, tandis que le modèle physique est commun aux deux normes.

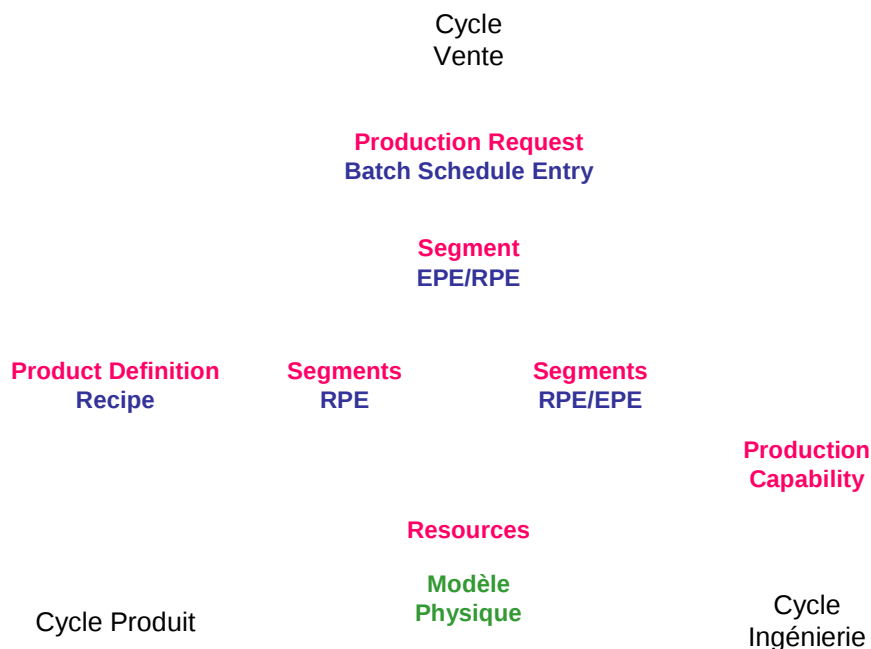


Figure 18 - ISA88 et ISA95 dans les cycles de vie du système de production

3.4 Domaines d'application

Considérées ensemble, les 2 normes vont permettre de construire l'ensemble du système d'information de production,

- du lecteur RFID ou de la sonde de température
- aux transactions de compte rendu de fabrication et de mouvement de stock
- en passant par la synchronisation des spécifications du produit et du suivi de la performance

La généralisation en cours des 2 normes au-delà de leur domaine initial (la production pour la norme ISA95, la fabrication par lot pour la norme ISA88) pourrait permettre à terme de traiter l'ensemble des activités opérationnelles de la chaîne logistique. Mais la largeur de vue nécessaire pour mener à bien et évangéliser une telle approche laisse peu d'espoir pour une telle simplification des systèmes d'information en l'absence d'une motivation forte des acteurs concernés.

4 La traçabilité sous le regard des normes ISA88 et ISA95

4.1 La traçabilité, une fonction diffuse, une information répartie

La Traçabilité n'est pas une fonction que l'on peut « câbler » sur un système existant. L'ensemble des systèmes d'information est susceptible de contribuer à cet objectif. Les normes ISA88 et ISA95 ne vont pas non plus traiter le problème à elles seules et par miracle. Elles vont seulement contribuer à organiser les données et à faciliter leur consolidation progressive de la capture de l'information brute jusqu'à production d'information utile pour la survie et le progrès de l'entreprise

4.2 Hiérarchie et Granularité de la Traçabilité

L'axe de référence de tout système d'information est la hiérarchie décisionnelle de l'entreprise, et donc la capacité à offrir l'information, et donc la réponse appropriée à tous les niveaux de décision.

Lorsqu'il s'agit de traçabilité, une question simple peut être « Quelles sont les conditions néfastes qui ont entraîné la défectuosité du produit » suivie de « quels sont les produits déjà fabriqués qui ont subis ces mêmes conditions néfastes ».

Il est clair que la liste issue de la seconde question dépend directement de la précision de la réponse à la première.

Ceci implique une autre dimension hiérarchique relative cette fois au détail de supervision des opérations de production. La maille du découpage opératoire en production discontinue ou le dimensionnement des lots en production discrète impactera inversement l'importance des entrepôts de stockage de donnée et les difficultés de traitements d'un côté, et la précision de la réponse à la seconde question.

Pour éviter le compromis et assurer la précision demandée sans pénaliser les performances du système d'information, les normes offrent une hiérarchie de traitement et de contrôle qui offre une vision télescopique du système de production qui offre à la fois la consolidation progressive de l'information lorsqu'elle s'élève dans la hiérarchie décisionnelle, et une granularité variable selon la précision requise.

Les segments process / produit de la norme ISA95, les éléments procéduraux / process de la norme ISA88 sont des concepts équivalents pour la traçabilité qui permettent une organisation structurée hiérarchique des étapes de production auxquelles elles permettent d'attacher l'intégralité de l'information relative aux ressources critique pour la traçabilité.

4.3 Qualité de la collecte et de la validation des données

Les données nécessaires pour la traçabilité concernent une grande partie de l'information liée à la production, du point de vue fonctionnel (état quantitatif, qualitatif, géographique des ressources (Voir 4.4), élaboration du produit, liens entre produit et ressources), et temporel (ce qui a été prévu, ce qui s'est effectivement passé, la situation actuelle).

Un point essentiel de la traçabilité est l'exactitude de ces données. Dans la pratique, les données proviennent de diverses origines et doivent être intégrées et restituées de façon homogène assorties de leur précision et dans leur contexte.

Données dont le contexte est recueilli de façon synchrone et déterministe et dont la précision est connue

- Séries chronologiques de données de tendance, qui concernent l'aspect

- physique de l'information (température, pression, débit...)
- les événements capturés automatiquement : début et fin d'opérations, alarmes...
 - Données d'identification et quantitatives acquises automatiquement sans intervention manuelle (lecture en ligne de codes à barre ou d'étiquettes RFID, calcul des quantités introduites),

Données qui ne sont pas acquises en temps réel et dont l'exactitude et le contexte peuvent être suspectés :

- les commentaires saisis par l'opérateur
- Données d'identification et quantitatives recueillies manuellement
- Événements et données physico-chimiques saisies manuellement

Il s'agit non seulement d'harmoniser ces données, mais de pouvoir les vérifier et les corriger au besoin en conservant l'historique de validation des données telles que publiées.

La norme ISA88 partie 4 offre un modèle informationnel permettant d'harmoniser la collecte de l'ensemble des données de production, incluant l'audit-trail et la signature électronique pour suivre toutes les altérations et corrections des données collectées et publiées pour fournir une base d'information de traçabilité documentée et de précision connue.

4.4 Utilisation de la traçabilité :

4.4.1 Les angles de la traçabilité selon les normes

Les normes induisent des angles de vue de la traçabilité guidés par leurs modèles. La norme ISA88 assure une définition précise et le contrôle local du mode opératoire au niveau de granularité le plus fin.

La norme ISA95 assure l'encadrement du suivi des ressources (personnel, équipements, matières) au travers d'une vision plutôt macroscopique du mode opératoire. Elle prend en charge les échanges d'information entre les niveaux opérationnels et les couches supérieurs du système d'information global de l'entreprise, et également dans une certaine mesure entre systèmes opérationnels et avec les partenaires (sous-traitance, fabrication sous contrat).

4.4.2 Traçabilité matières

Les matières consommées et produites sont définies et constatées à chaque étape discrétisée des processus de fabrication et, d'une façon générale de tous les processus liés à la matière tel que la gestion de la qualité et des stocks.

Ces données permettront de déduire la généalogie ascendante (du composant au composé) et descendante (du composé au composant).

L'organisation « à plat » de cette information (étape de fabrication totalement identifiée et contextualisée – numéros de lots mis en œuvre et produits) permet toutes les requêtes généalogiques.

On mettra à profit la structuration procédurale du mode opératoire de la norme ISA88 et la segmentation télescopique du processus de fabrication de la norme ISA95 pour alimenter une base d'information de production multi-étagée, depuis la capture détaillée des mouvements de matières jusqu'à la consolidation au niveau du lot.

4.4.3 Traçabilité Equipment

La norme ISA88 a mis en évidence la notion d'unité en tant qu'élément de base pour

la lotification. Les extensions de l'analyse des flux (approches ASTRID – DELTA Nodes – voir <http://www.frenchbatchforum.org/> ou www.psynapses.net/fbf) proposent une modélisation spécifique du niveau « Control Module » de la norme, confinant le produit dans des sous-ensemble d'équipement délimités par les organes de sectionnement, permettant ainsi une discrétisation ultime et déterministe de la relation entre produit et équipement,

La norme ISA95 traite les équipements de la même façon que les matières et organise ainsi les données relatives à la mobilisation des équipements au cours des processus de fabrication ou de maintenance et aux processus de qualification.

Ces données seront donc disponibles pour préciser le contexte de l'information de traçabilité matière, elles permettront également d'alimenter des processus d'optimisation et d'amélioration de l'utilisation des équipements.

4.4.4 Traçabilité Personnel

Le troisième type de ressource défini par la norme ISA95 et également traité sur la base de modèles similaires avec les mêmes conséquences.

4.4.5 Traçabilité Segment Process

L'organisation de la production en segments process hiérarchique centrés sur les ressources offre une intéressante perspective pour offrir une vision consolidée de la traçabilité qui s'intéresserait dans un premier temps à une étape particulière des processus de fabrication plutôt qu'aux ressources spécifiques mise en œuvre.

Par exemple Les attributs qualité d'un segment spécifique observés pour l'ensemble des produits auxquels il a contribué peuvent ainsi mettre en évidence une anomalie affectant globalement certaines étapes opératoires. Cette anomalie peut être ensuite explorée plus finement pour en découvrir l'origine et donc la portée : l'origine n'est pas nécessairement un lot matière particulier, il peut s'agir d'un équipement défectueux, d'une personne mal qualifiée, d'une exécution opératoire mal définie ou mal appliquée.

Cette approche est couramment utilisée sur une base continue pour l'analyse des processus en vue de leur amélioration, elle peut s'appliquer pour accélérer ou compléter l'analyse des incidents.

5 Conclusion

Poussée par le durcissement des réglementations de sécurité dans nombre de secteurs industriels (agro-alimentaire, pharmaceutique, automobile...) la traçabilité trouve des applications dont les bénéfices pour l'entreprise industrielle vont bien au-delà des contraintes qu'elle impose. Les systèmes d'information offrent une contribution essentielle à sa mise en œuvre et peuvent prendre en charge tout ou partie des efforts de collecte de données et de traitement d'information qu'elle impose.

Pragmatiques, centrées sur les ressources de fabrication et largement adoptées par les fournisseurs de systèmes et les industriels, les normes ISA88 et ISA95 facilitent la conception des systèmes d'information et permettent l'interopérabilité nécessaire pour la traçabilité en traitant l'organisation fonctionnelle et informationnelle du système de production.

Preuve de leur intérêt, mais également de leurs insuffisances, ces normes sont en chantier permanent et connaissent un développement rapide sous la pression des industriels.

Par exemple,

- les normes se recouvrent sur de nombreux points et révèlent des discordances terminologiques et parfois conceptuelles. Un groupe de travail joint SP88/SP95 travaille sur l'harmonisation de ces normes et ses recommandations seront prises en compte dans le cycle de révision des normes.
- La norme ISA88 a été développée pour les procédés Batch flexibles qui sont les plus complexes à traiter du point de vue de l'automatisation, mais aussi les plus simples pour la traçabilité. Elle est déjà largement adoptée pour d'autres types de procédés, et la généralisation formelle de ses concepts est à l'ordre du jour du comité SP88
- La norme ISA95, initialement concentrée sur les activités de transformation de la matière, est en cours d'élargissement à tous les domaines de la production, intégrant la gestion des stocks et la logistique, la qualité et la maintenance.

Enfin, les besoins intenses des entreprises pour supporter des schémas de collaboration et des flux d'activité flexibles entraînent l'apparition d'une profusion de normes, et beaucoup de recouvrement et conflits apparaissent. Une clarification et une épuration sont nécessaires, face aux conflits d'intérêts et aux querelles académiques, pour que la puissance des systèmes d'information servent avec une efficacité correspondante leurs utilisateurs.

Le rapprochement ISA95/OAGIS (www.openapplications.org) est significatif de la prise de conscience et du pragmatisme dont font preuve nombre d'acteurs dans ces domaines.

Pour en savoir plus

Bibliographie

- [1] Batch Control Systems - Design, Application, and Implementation, 2nd Edition, William M. Hawkins and Thomas Fisher (ISBN1-55617-967-7, ISA 2006)
- [2] Applying S88: Batch Control from a User's Perspective, Jim Parshall and L.B. Lamb (ISBN 1-55617-703-8ISA 2000)
- [3] S88 Implementation Guide (Darrin W. Fleming, Velumani A. Pillai (ISBN0070216975 McGraw-Hill 1998

Normes

ANSI/ISA-95.00.01-2000	Enterprise-Control System Integration Part 1: Models and Terminology	ISA	2000
ANSI/ISA-95.00.02-2001	Enterprise-Control System Integration Part 2: Object Model Attributes	ISA	2001
ANSI/ISA-95.00.03-2005	Enterprise-Control System Integration, Part 3: Models of Manufacturing Operations Management	ISA	2005
ANSI/ISA-88.01-1995	Batch Control Part 1: Models and Terminology	ISA	1995
ANSI/ISA-88.00.02-2001	Batch Control Part 2: Data Structures and Guidelines for Languages	ISA	2001
ANSI/ISA-88.00.03-2003	Batch Control Part 3: General and Site Recipe Models and Representation	ISA	2003
IEC 61512-1	Batch control - Part 1: Models and terminology	IEC	1997
IEC 61512-2	Batch control - Part 2: Data structures and guidelines for languages	IEC	2001
IEC/PAS 61512-3	Batch control - Part 3: General and site recipe models and representation	IEC	2004
NF EN 61512-1	Contrôle-commande des processus de fabrication par lots - Partie 1 : modèles et terminologie		1999
NF EN 61512-2	Contrôle-commande des processus de fabrication par lots (batch) - Partie 2 : structures de données et règles générales relatives aux langages		2003

Organismes

Normalisation

ISA www.isa.org, www.isaeur.org, www.isa-france.org

OAGIS www.openapplications.org

IEC www.iec.ch

UTE <http://www.ute-fr.com>

AFNOR www.afnor.fr

Groupes d'échange

MESA www.mesa.org

WBF www.wbf.org

FBF www.frenchbatchforum.org www.psynapses.net/fbf

Formation

Psynapses www.psynapses.net

Portails

ARC Advisory Group www.arcweb.com

ISA95.COM www.isa-95.com

ISA88.COM www.isa-88.com

ISA

Fondée en 1945 et basée aux USA, l'ISA est une association à but non lucratif qui établit les références de l'automatisation industrielle pour ses 30000 membres et toute la communauté professionnelle dans le monde entier.

Organisée en 20 divisions techniques, 14 districts et 300 sections dans 110 pays, l'ISA développe des normes, certifie des professionnels de l'industrie, délivre de la formation, publie des livres et articles techniques et organise des conférences et expositions majeures pour les professionnels de l'automatisation.

Biographie

Jean Vieille est consultant en systèmes d'information industriels. Membre d'un groupe de conseil internationale, il assiste les entreprises pour l'alignement de leurs schémas directeurs d'informatique industrielle avec leurs stratégies et pour permettre l'exploitation des méthodes de gestion industrielles telles que la Théorie des Contraintes, Lean Manufacturing, 6 Sigma..

Il est directeur des programmes pour l'organisme de transfert de compétence

Psynapses www.psynapses.net

j.vieille@psynaps.net www.psynapses.net/vieille