



Systems.Manufacturing.Academics.Resources.Technologies

Webinar S.mart

Pôle S.mart Nord-Pas de Calais

Mercredi 18 octobre 2023 – 12h15 à 13h45

Développement d'une application MES

Illustration en pédagogie

Intervenants

Patrice Caulier – INSA Hauts-de-France / LAMIH – Correspondant Automatique

François Proriol – INSA Hauts-de-France / Pôle S.mart NPdC – Correspondant E-Maintenance

Philippe Allot – Société ORDINAL Software

1» Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

2» Développement d'une application M.E.S.

- » La maquette TELMA
- » Méthodologie de développement et illustration

3» Enseignements en pédagogie

4» Discussion – Conclusion

1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

» Définition

- > *Industrie 4.0*
- > *Besoin de maîtrise de la production et de valorisation de ses données*

- > *Manufacturing Execution System*

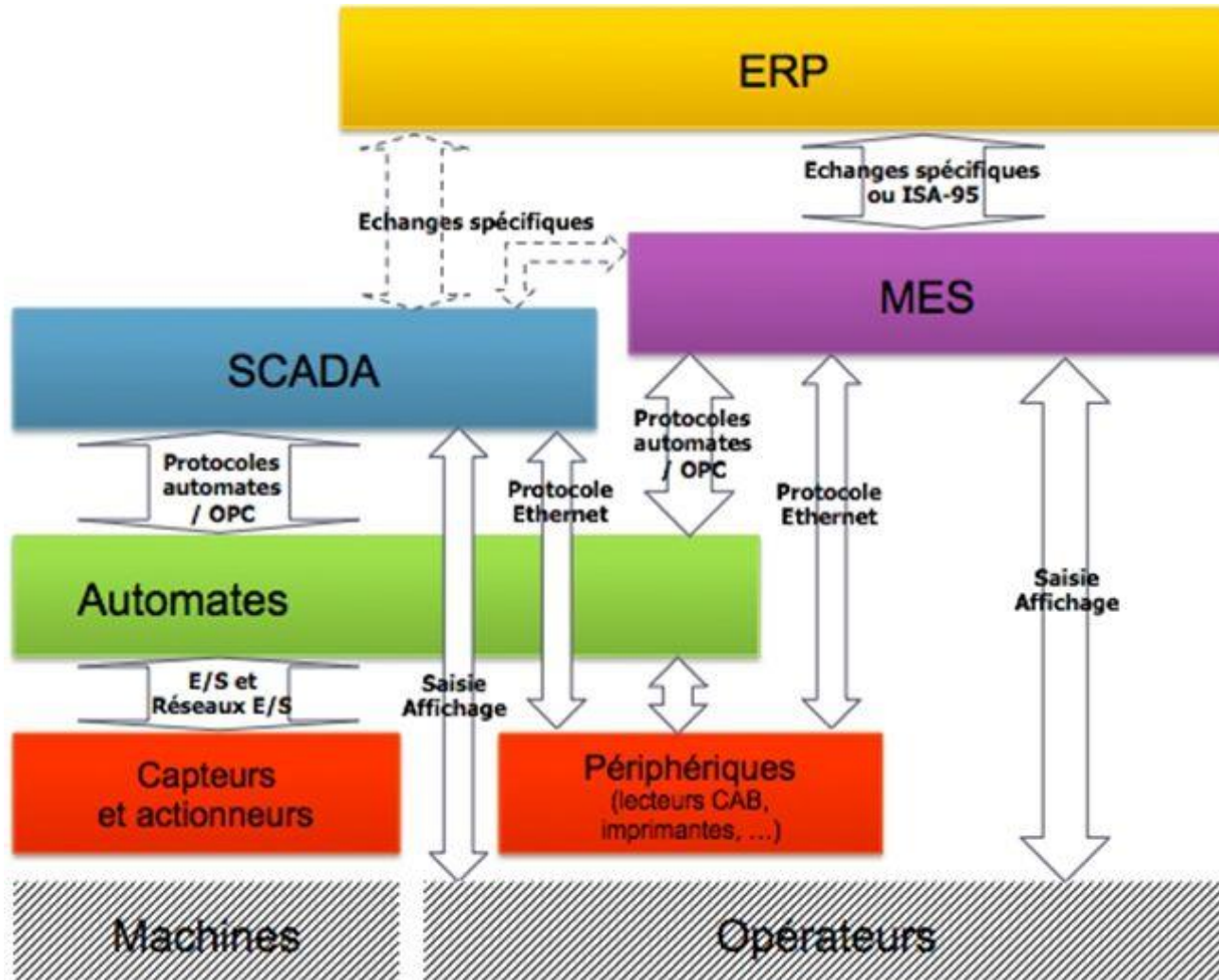
- > *Système d'exécution et de contrôle de la production*
- > *Recueillir en temps réel les données de production*
- > *Application de pilotage intégré, multifonction et en temps réel de la production*

- > *« Chef d'orchestre », côté production, des OF issus de l'ERP*

- > *2 standards complémentaires :*
 - ✓ *ANSI/ISA-88 ou IEC 61512*
 - ✓ *ANSI/ISA-95 ou IEC 62264*

1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

» Intégration fonctionnelle au pilotage des systèmes de production



1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

» Fonctions

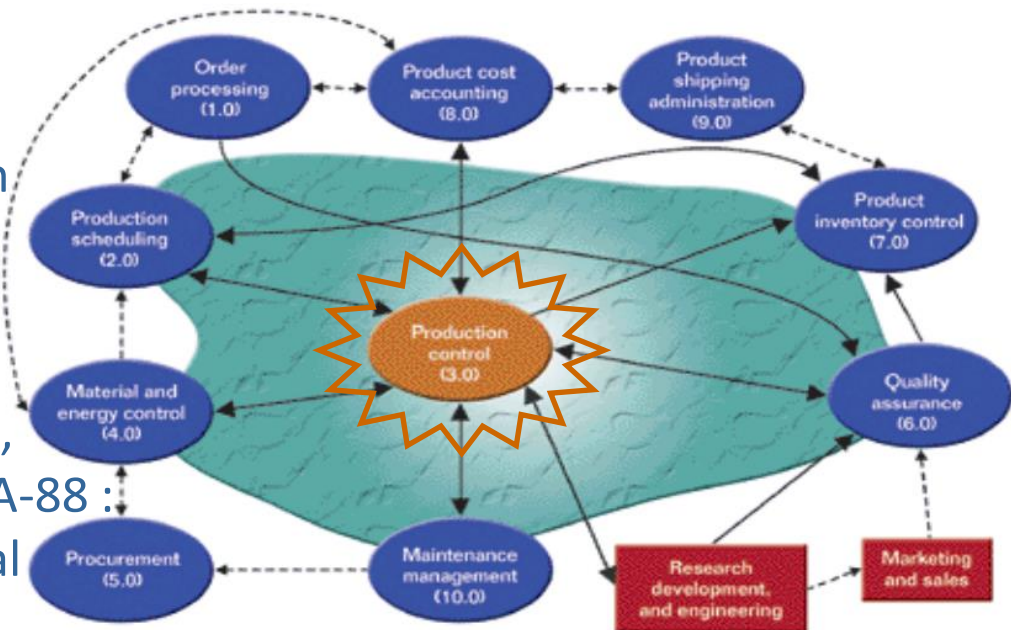
> Modèle fonctionnel, norme ANSI/ISA-95

1. Centré sur l'exécution et le contrôle de la production
2. Gestion des ressources de production
3. Acquisition et historisation des données de production
4. Analyse des performances
5. Traçabilité et généalogie produit
6. Gestion de la qualité
7. Gestion du personnel de production
8. Gestion des maintenances

> Pas systématiquement développées

> Enrichi, de façon plus opérationnelle,
par les standards de la norme ANSI/ISA-88 :

- ✓ Modèles physique et procédural
- ✓ Langage PFC et Protocole PLI



1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

» Définition des ressources de production

- > **Modèle physique**, norme ANSI/ISA-88
- > Conception/modélisation et contrôle/commande des moyens de production
- > Agrégation des ressources de production selon 7 entités
 - ✓ 3 entités relatives à l'organisation de l'entreprise
 - ✓ **4 entités relatives à l'organisation des ressources :**

Cellule

- ✓ *Espace de réalisation des gammes de production*

Unité

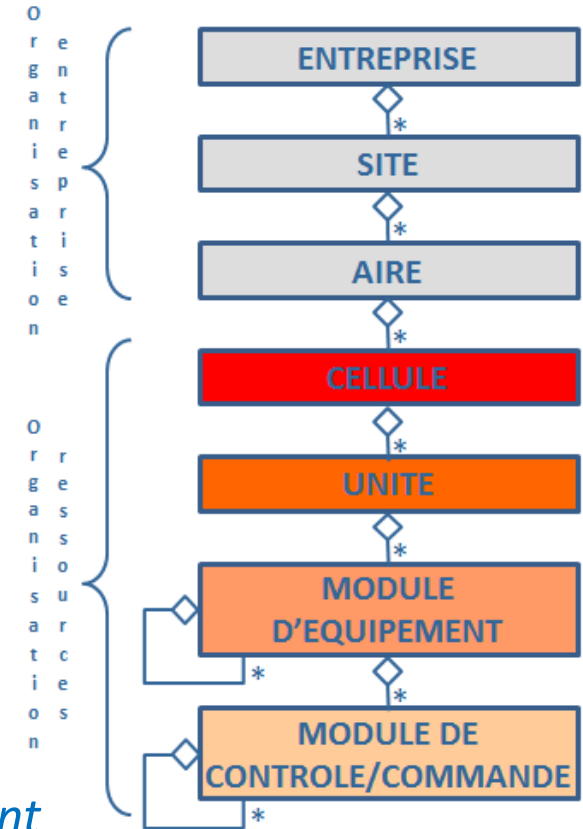
- ✓ *Regroupement fonctionnel de Modules d'équipement*

Module d'équipement

- ✓ *Modèles d'équipement de production*

Module de contrôle/commande

- ✓ *Contrôle/commande de l'équipement de production réel*



1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

» Définition de la production

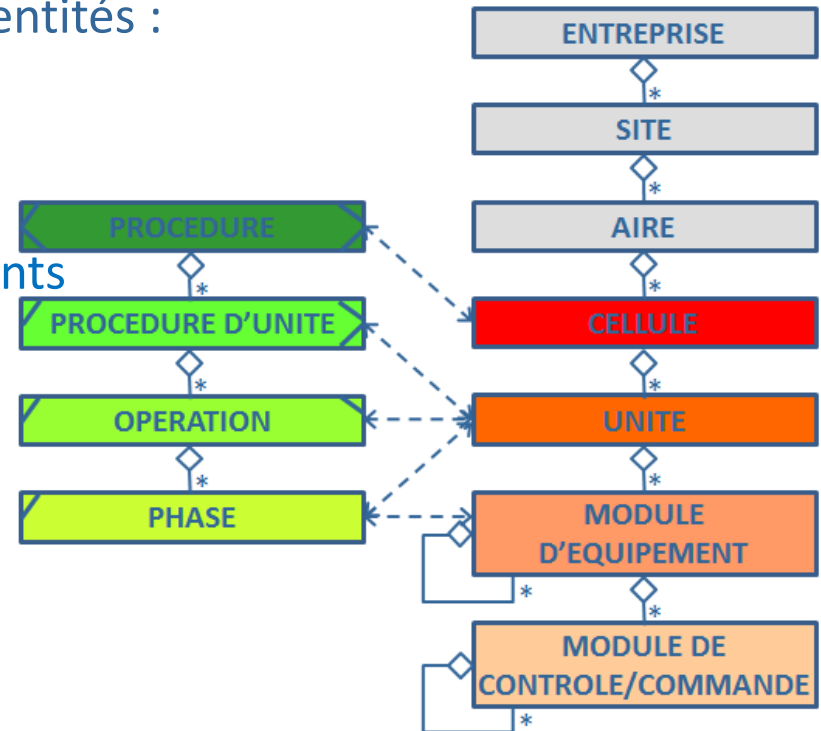
- > **Modèle procédural**, norme ANSI/ISA-88
- > Exploitation procédurale des ressources de production
- > Agrégation de modèles procéduraux selon 4 entités :

Procédure (P)

- ✓ Stratégie d'exécution d'une production
- ✓ Attachée à la **Cellule** avec ses équipements
- ✓ Formée d'un ensemble ordonné de **PU** (séquentiel, concurrent) ou de **Ph**
- ✓ Associée à une recette, constitue une gamme exécutable suite à un OF ou au lancement d'un lot de production

Procédure d'Unité (PU)

- ✓ Attachée à une **Unité**



1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

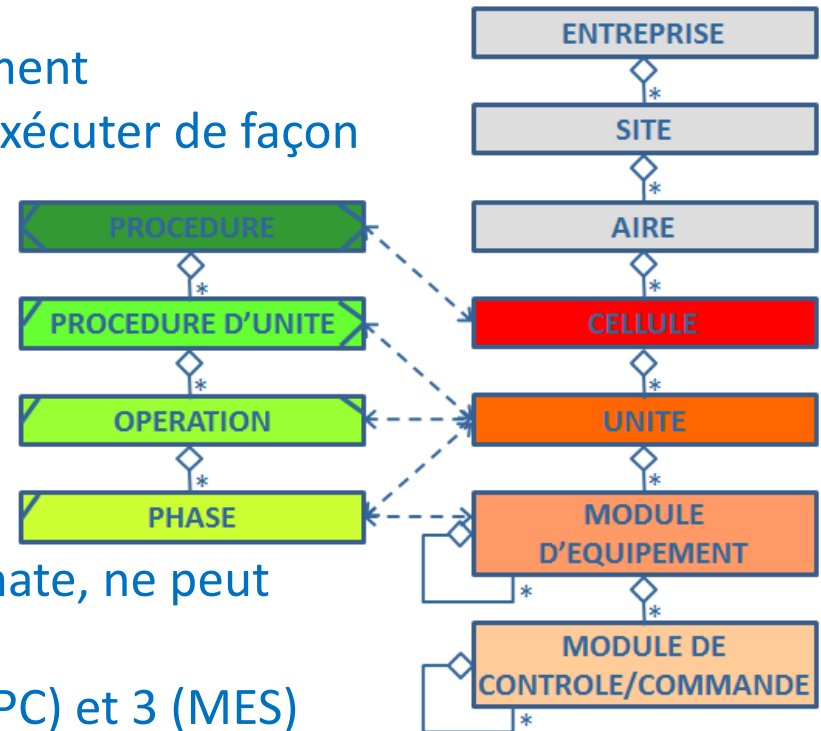
- ✓ Ensemble ordonné d'**Opérations** (séquentiel, concurrent)
- ✓ Plusieurs **PU** peuvent s'exécuter concurremment dans des **Unités** différentes

Opération (Op)

- ✓ Attachée à une catégorie d'**Unité** disposant des **Phases** d'équipement nécessaires à son exécution
- ✓ Ensemble ordonné de **Phases** d'équipement
- ✓ Les **Phases** d'une **Opération** peuvent s'exécuter de façon séquentielle ou concurrente

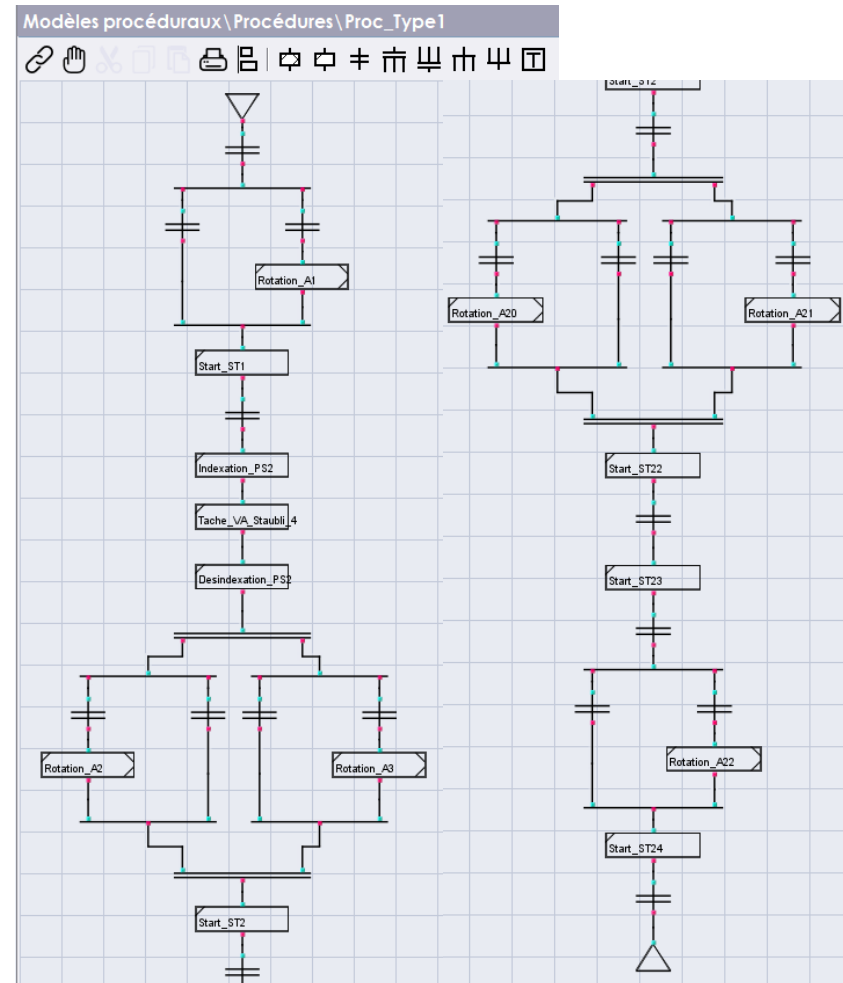
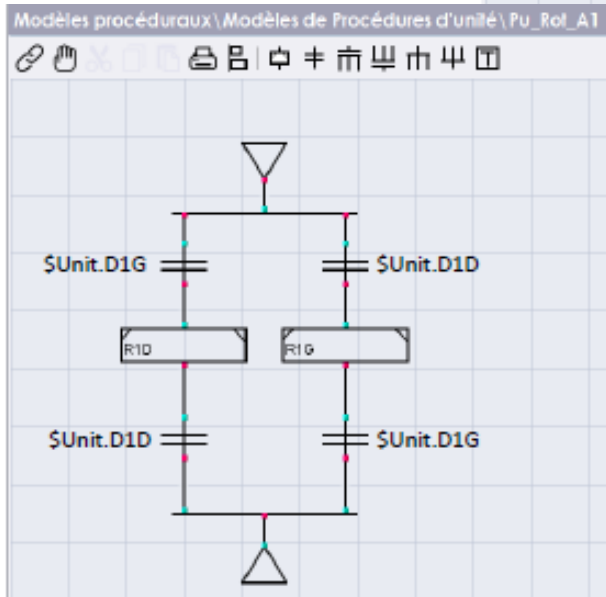
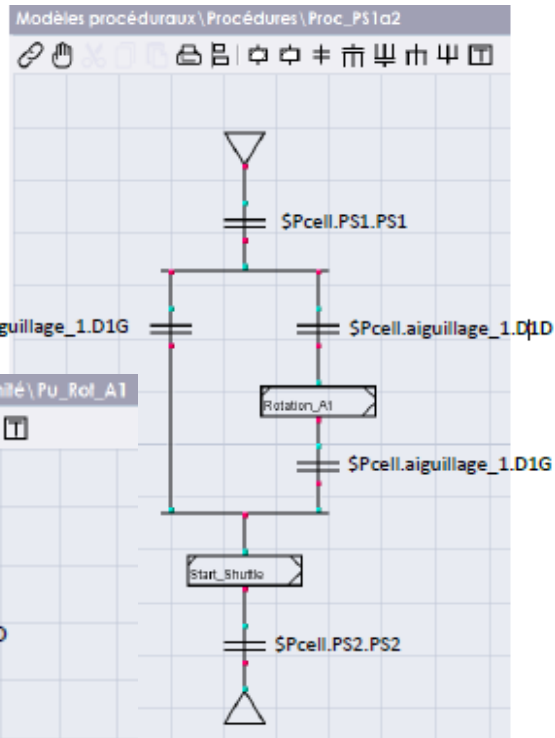
Phase (Ph)

- ✓ Modèle procédural le plus élémentaire
- ✓ Attachée à un équipement physique (instance d'un **Modèle d'équipement**) du procédé commandé
- ✓ La commande de production, un automate, ne peut exécuter que des **Phases**
- ✓ Contrôlée/commandée aux niveaux 1 (PC) et 3 (MES)
- ✓ Exécutée par un équipement physique au niveau 0 (PO)



1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

> Structuration des modèles procéduraux d'une **Procédure** en langage **PFC** (*Procedure Function Chart*), norme ANSI/ISA-88



1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

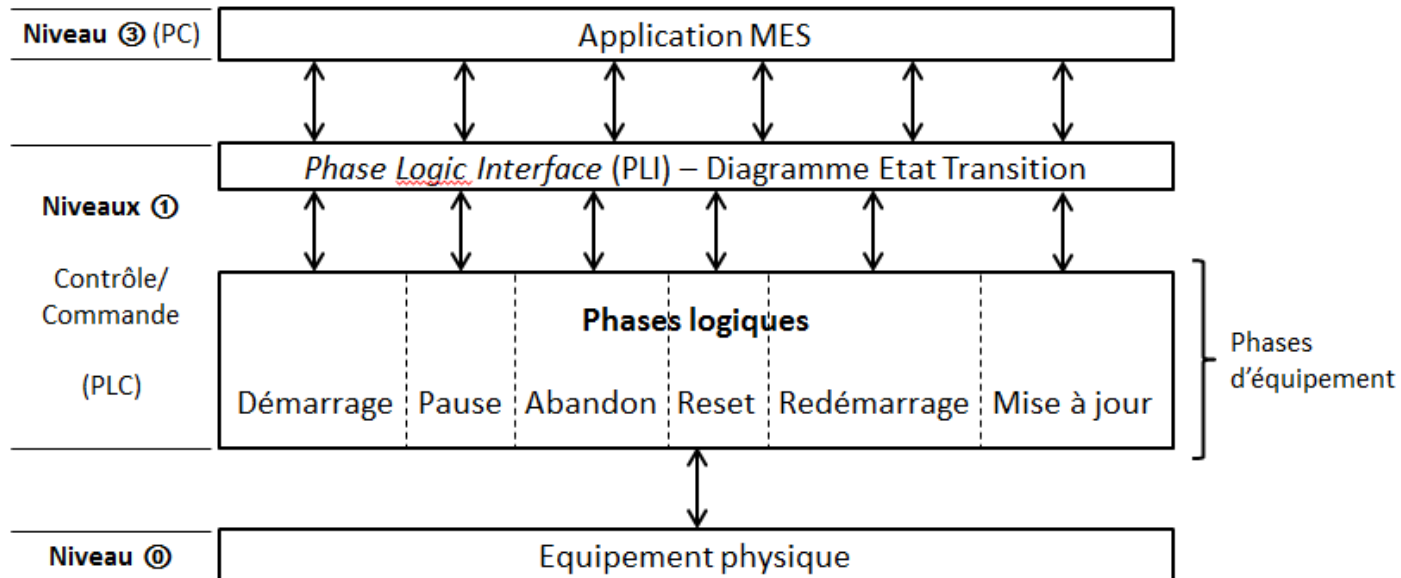
» Exécution de la production

> Exécution des **Phases** de production

- ✓ « Phases de prescription » : définies au niveau MES
- ✓ « Phases d'exécution » : programmées au niveau PC (PLC)

> Communication selon interface **PLI** (*Phase Logic Interface*), norme ANSI/ISA-88

- ✓ Exécution contrôlée par échange de données synchronisé



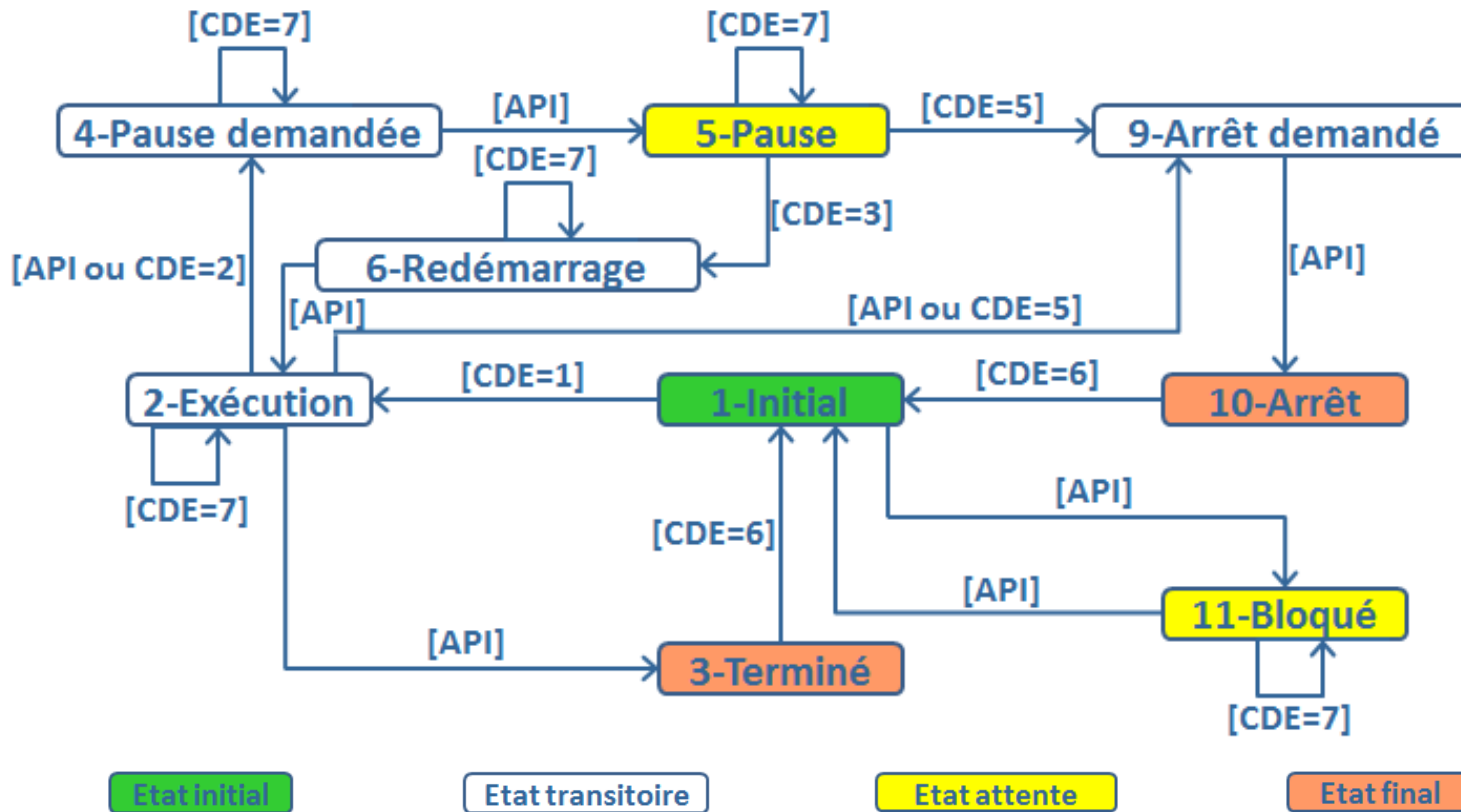
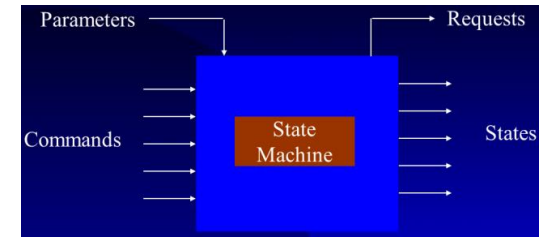
1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

✓ Automate à états finis

- 9 états : MMA d'une Phase
- Transitions : issues

- du niveau 1 PLC : [API]

- du niveau 3 MES par l'envoi d'un mot de commande : [CDE=x]



N°	ETATS ① → ③
1	Initial
2	Exécution
3	Terminé
4	Pause demandée
5	Pause
6	Redémarrage
9	Arrêt demandé
10	Arrêt
11	Bloqué

N°	COMMANDES ③ → ①
1	Démarrage
2	Pause
3	Redémarrage
5	Arrêt
6	Initialisation
7	Redémarrage

1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

✓ 9 Etats

<1-Initial> : c'est l'état de démarrage de toute phase d'équipement. Dans cet état, la phase est prête à recevoir le code commande {1-Démarrage}

<2-Exécution> : caractérise l'état d'une phase en cours d'exécution par l'automate

<3-Terminé> : la phase passe dans cet état une fois son exécution achevée

<4-Pause demandée> : une phase en cours d'exécution passe dans cet état après un code commande {2-Pause}

<5-Pause> : dans cet état, la pause demandée est obtenue

<6-Redémarrage> : à partir de l'état <5-Pause>, cet état est obtenu suite à un code commande {3-Redémarrage}

<9-Arrêt demandé> : à la réception d'un code commande {5-Arrêt}, une phase dans l'état <2-Exécution> ou <5-Pause>, évolue vers cet état

<10-Arrêt> : dans cet état, l'arrêt demandé est obtenu. Il nécessite un redémarrage en situation initiale par le code commande {6-Reset}

<11-Bloqué> : cet état permet à l'automate d'avertir le moteur d'exécution MES que la phase courante ne peut pas recevoir de code commande

1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

✓ 6 Commandes

{1-Démarrage} : démarre l'exécution d'une phase d'équipement dans l'état initial

{2-Pause} : suspend la phase en cours d'exécution

{3-Redémarrage} : reprend l'exécution d'une phase suspendue

{5-Arrêt} : arrête une phase en cours d'exécution ou suspendue

{6-Reset} : provoque le retour en état initial d'une phase terminée ou arrêtée

{7-Mise à jour} : entraîne le test de certains états

✓ Mise en œuvre du dialogue PLI Niveau 3 (MES) ↔ Niveau 1 (PLC)

1) Définition de 4 registres d'information

- Niveau 3 (MES)

* **\$Validation** [V,F]

* **\$Commande** [1,2,3,5,6,7]

- Niveau 1 (PLC)

* **\$Acquittement** [V,F]

* **\$Status** [1,2,3,4,5,6,9,10,11]

1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

2) Exploitation des 4 registres d'information

Par défaut, $\$Validation == \$Acquittement == \{0,1\}$

- Niveau 3 (MES)

* $\$Commande \leftarrow \langle N^\circ \rangle$

* $\$Validation \leftarrow \overline{\$Acquittement}$

- Niveau 1 (PLC)

* A la réception de la mise à jour des registres

$\$Commande$

$\$Validation$

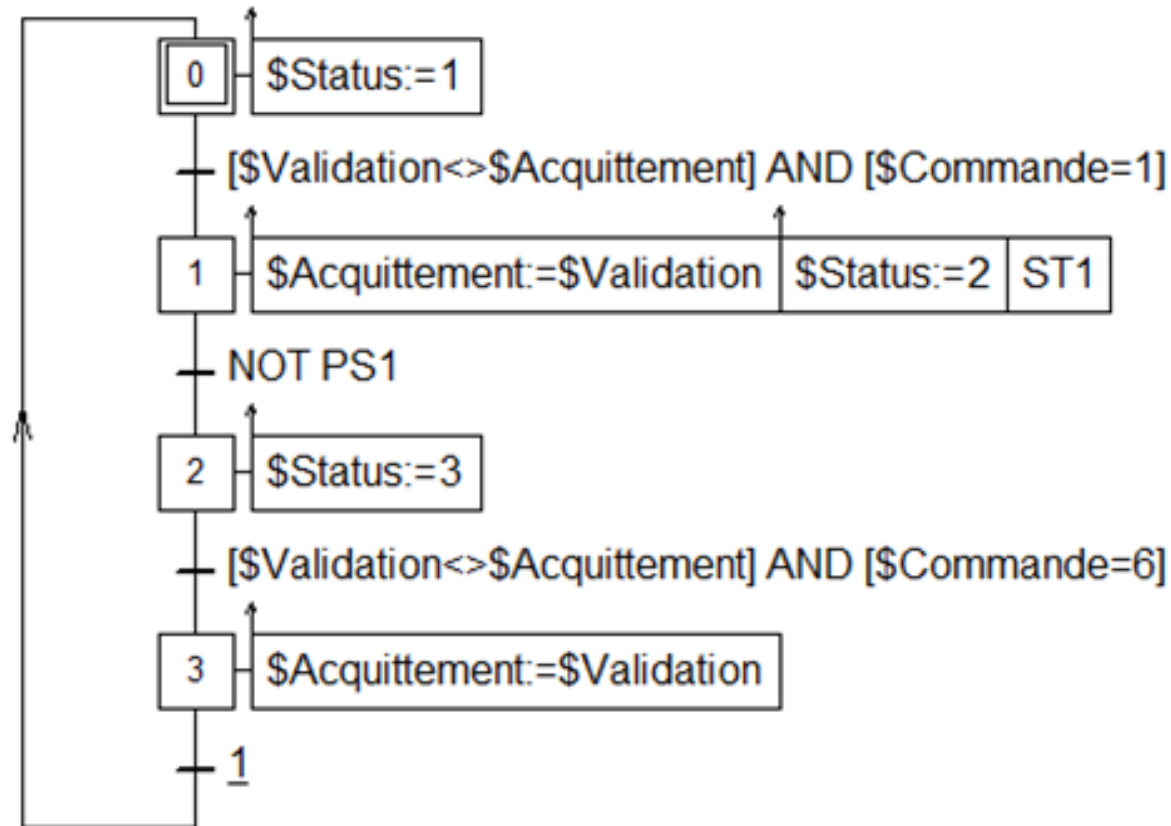
Exécution de la commande

* $\$Status \leftarrow \langle N^\circ \rangle$

* $\$Acquittement \leftarrow \$Validation$

1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

> Illustration d'une **Phase** au niveau 1 (PLC) pour la boucle d'états 1, 2 et 3



> *In fine*, la **Phase** est exécutée, au niveau 0, par l'équipement concerné

> Selon la **Procédure** en cours, l'instant d'exécution est géré par le niveau 3 (MES)

1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

» Acteurs institutionnels

> *ISA – The International Society of Automation*

- ✓ Normes *MES* ANSI/ISA-95 et ANSI/ISA-88
- ✓ <https://www.isa.org/>
- ✓ <https://www.isa-france.org/>



> *MESA International*

- ✓ *MES*, smart manufacturing, industry 4.0, IIoT
- ✓ <https://mesa.org/>



> **Le Club MES**

- ✓ Communauté d'acteurs (éditeurs, intégrateurs, utilisateurs et organismes d'éducation et de normalisation)
- ✓ Retour d'expérience
- ✓ <https://www.club-mes.org/>



1. Qu'est-ce qu'un M.E.S. ?

» Quelques plateformes

> **COOX – ORDINAL Software**

<https://www.ordinal.fr/>



> **AVEVA MES – AVEVA**

<https://www.aveva.com/fr-fr/products/manufacturing-execution-system/>



> **Plex MES – Rockwell Automation**

<https://www.rockwellautomation.com/fr-fr/products/software/factorytalk/operationsuite/mes/plex-mes.html>



> **Proficy Smart Factory MES – GE**

<https://www.ge.com/digital/applications/manufacturing-execution-systems>



> **Opcenter Execution MES – SIEMENS Digital Industries Software**

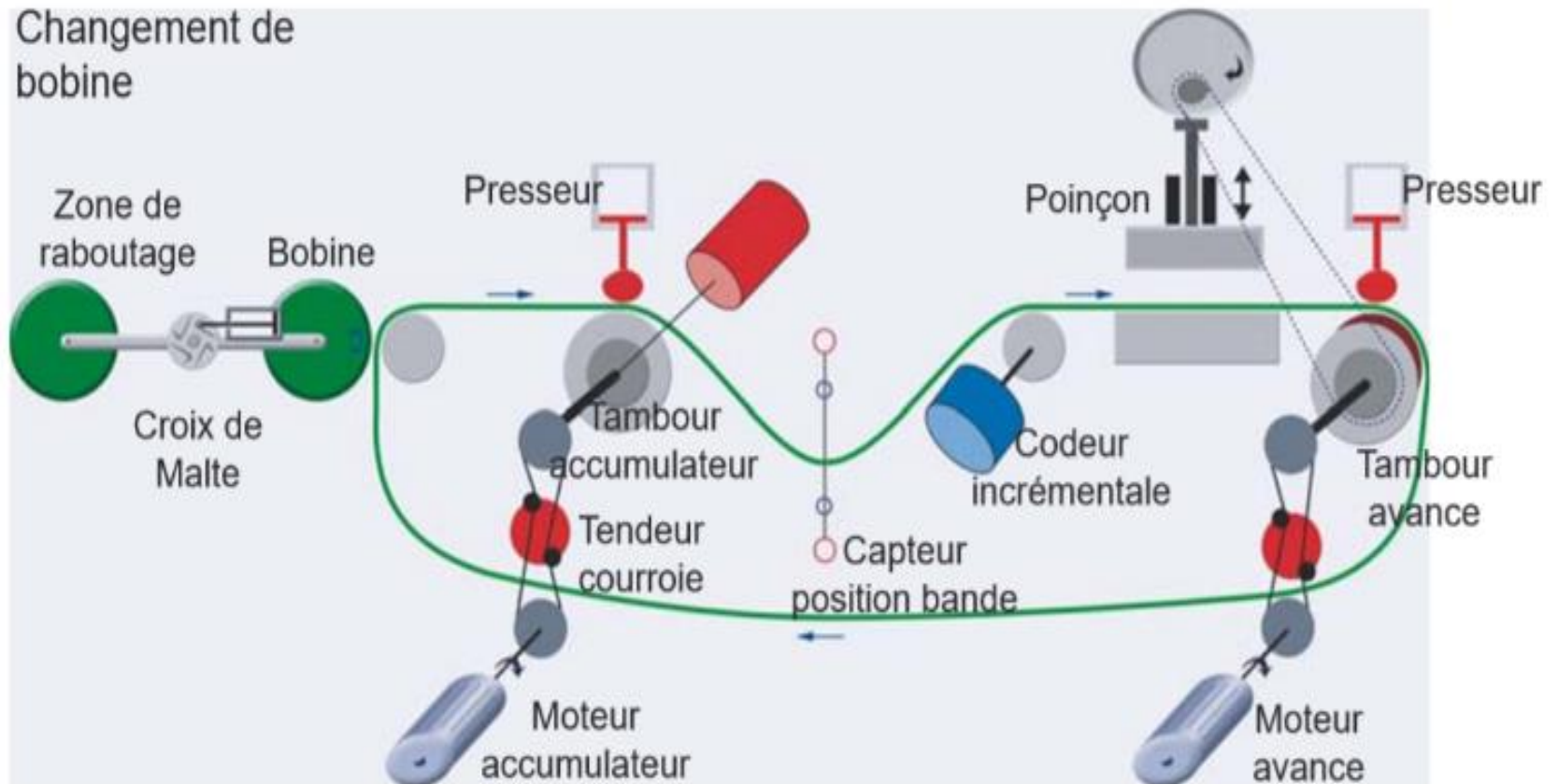
<https://plm.sw.siemens.com/fr-FR/opcenter/execution/>



2. Développement d'une application M.E.S.

» La maquette TELMA

> Maquette de télémaintenance du pôle S.mart Nord-Pas de Calais, site de Valenciennes

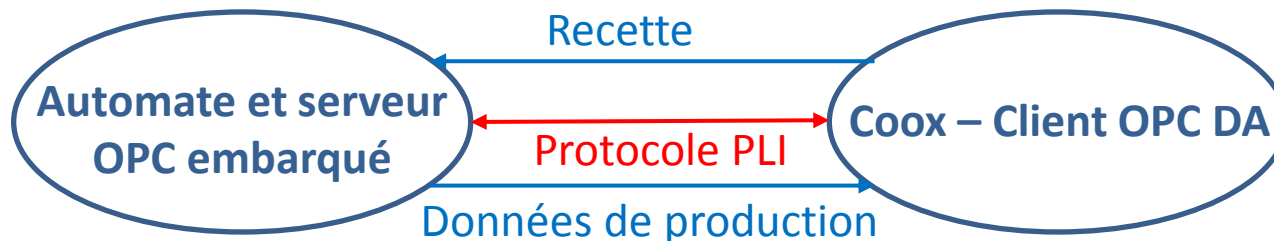


2. Développement d'une application M.E.S.

> **Processus de poinçonnage dont les paramètres de production sont les suivants (« recette ») :**

- ✓ Distance entre 2 poinçons ou pas d'avancement (2 à 1300 mm)
- ✓ Vitesse d'avance de la bande (1 à 10 mm/s)
- ✓ Nombre de poinçons à réaliser

> **Architecture**



Liste des items - 21 élément(s)

Nom	Description	Chemin	ID item	Type
TELMA.Machine.Motori...	Acquittement de la commande		wagol!Ph_tapis_ack	VT_UI2
TELMA.Machine.Poinco...	Acquittement de la commande		wagol!Ph_Poinconnag...	VT_UI2
TELMA.Machine.Motori...	Code de commande		wagol!Ph_tapis_cde	VT_UI2
TELMA.Machine.Poinco...	Code de commande		wagol!Ph_poinconnag...	VT_UI2
TELMA.Machine.QPI.D...	Défaut courroie gauche		wagol!tension_bonne_g	VT_BOOL
TELMA.Machine.Motori...	Pas d'avancement		wagol!Distance_2poin...	VT_UI2
TELMA.Machine.Motori...	Etat de la phase		wagol!Ph_tapis_status	VT_UI2
TELMA.Machine.Motori...	Validant de la commande		wagol!Ph_tapis_valid	VT_UI2
TELMA.Machine.Poinco...	Etat de la phase		wagol!Ph_poinconnag...	VT_UI2
TELMA.Machine.QPI.Al...	Alarme hauteur de bande		wagol!alarme_hauteur...	VT_UI1
TELMA.Machine.Nb_poi...	Nombre de poincons réalisés		wagol!nombre_de_de...	VT_UI1
TELMA.Machine.Poinco...	Vitesse moteur poincon		wagol!vit_moteur_poi...	VT_UI1

2. Développement d'une application M.E.S.

» Méthodologie de développement et illustration

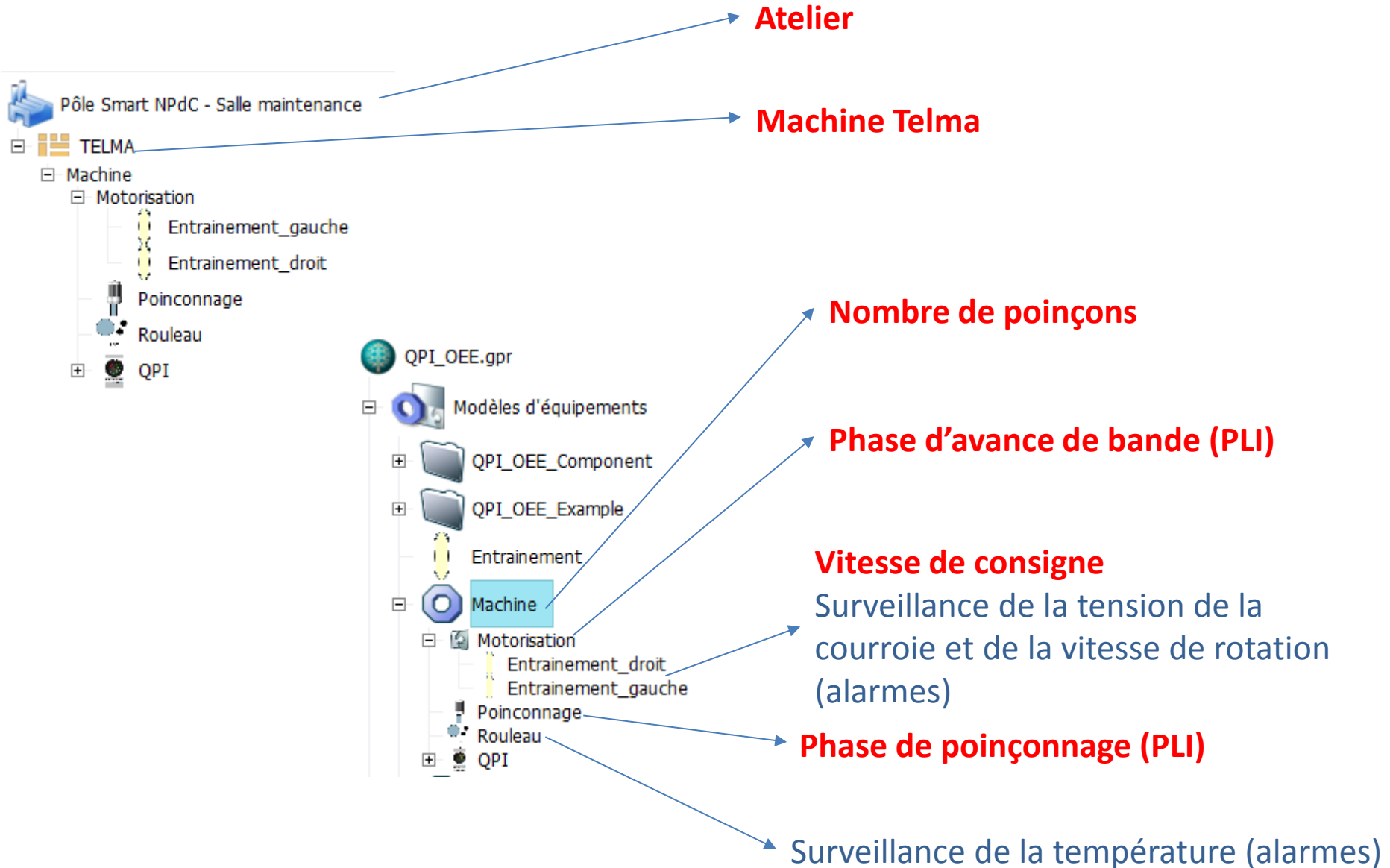
Définition des ressources de production

> Etape 1 – Définition de l'atelier et Modèles d'équipement *process*

- ✓ Modèle d'équipement
 - Propriétés
 - Visuel(s) (animé(s))
 - Modèle(s) de phase

- ✓ Instances utilisées pour définir
 - Synoptique de conduite de la production (suivi de l'exécution des OF en temps réel)
 - Pupitres/IHM

2. Développement d'une application M.E.S.



2. Développement d'une application M.E.S.

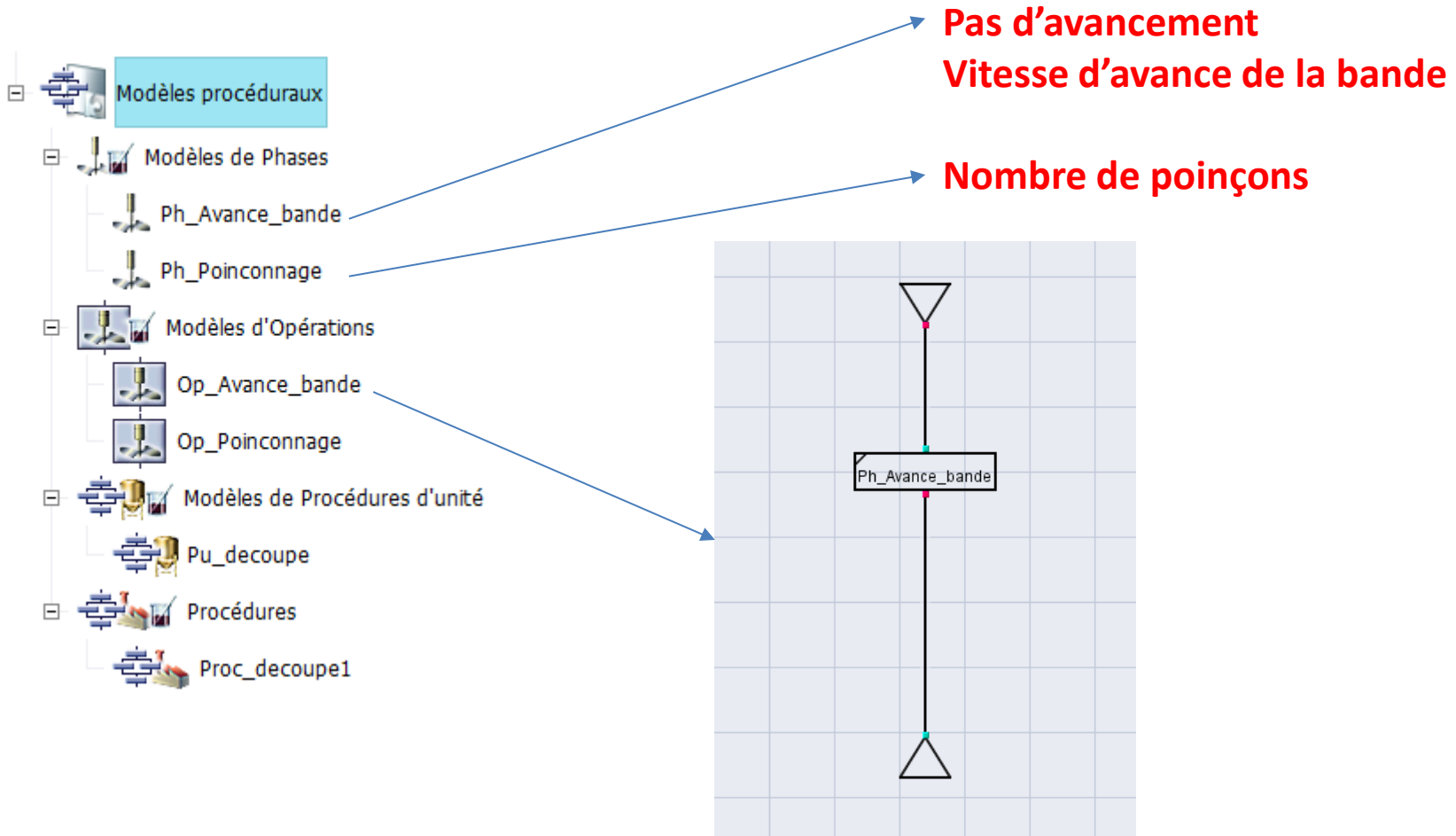
» Méthodologie de développement et illustration

Définition de la production

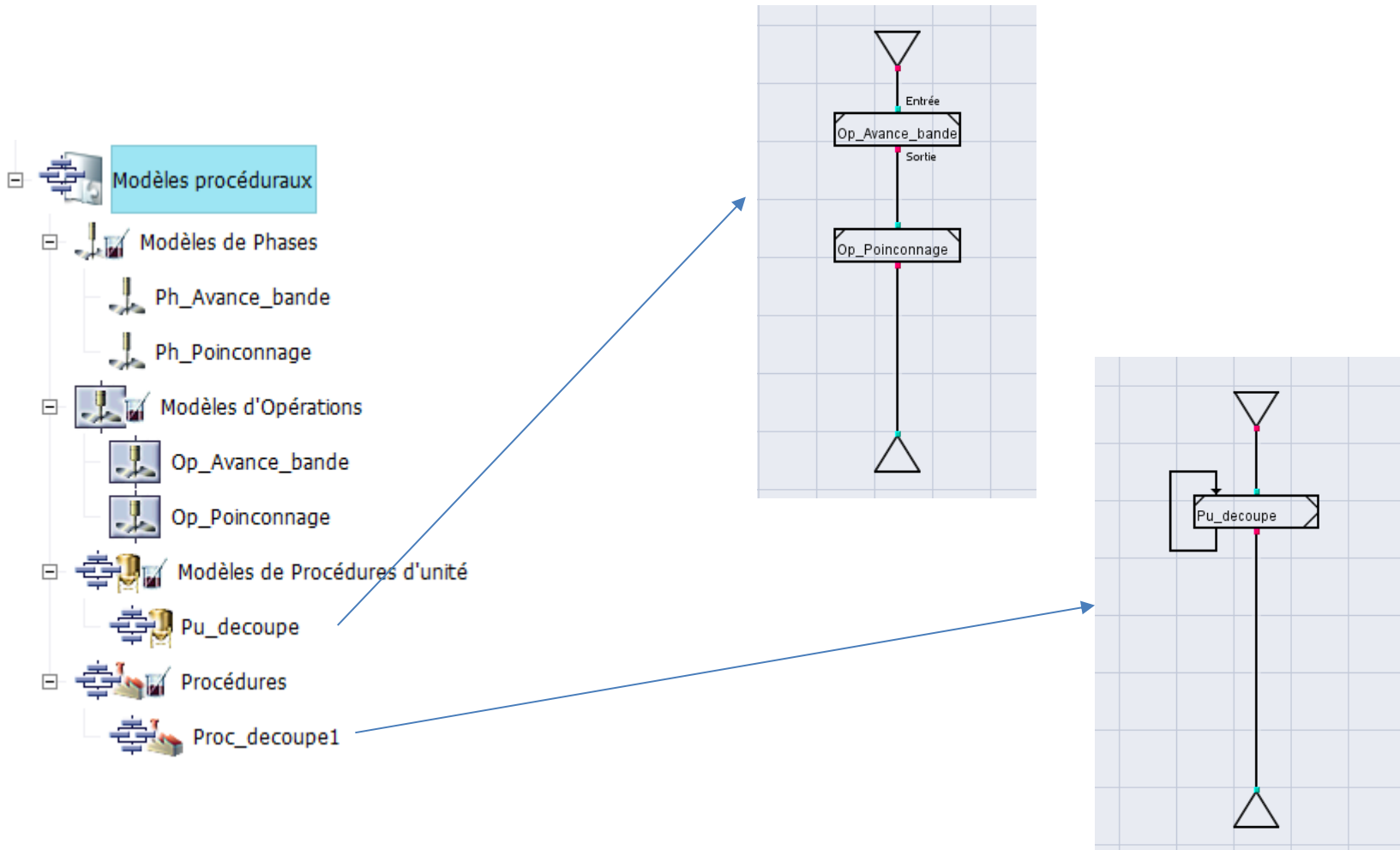
> Etape 2 – Pilotage

- ✓ Modèles procéduraux
 - Procédure
 - Procédure d'unité
 - Opération
 - Phase

2. Développement d'une application M.E.S.



2. Développement d'une application M.E.S.



2. Développement d'une application M.E.S.

» Méthodologie de développement et illustration

Exécution de la production

> Etape 3 – Création d'une Recette et d'un OF

Procédure

Recettes

- Rec_Bande_Dec_10-1.0
- Rec_Bande_Dec_20-1.0

Informations

Identifiant: Rec_Bande_Dec_10 Version: 1.0

Description: Rec_Bande_Dec_10

Procédure: Proc_decoupe1

Matière produite: Bande_dec Quantité nominale produite: 0.0

Date d'expiration

Propriétés de procédure Catégories: Tous

Description	Valeur	Unité
Nombre de poinçons demandés	10	
Pas d'avancement	50	mm
Vitesse d'avance	5	mm/s
Vitesse moteur poinçon	2	tr/min

2. Développement d'une application M.E.S.

Arborescence de l'atelier Recette

Procédures Matières Recettes Contrôle phases Suivi Procédure Lancement ordres Historique lots

Ordres de travaux à exécuter - du 10/10/23 00:00 au 11/10/23 00:00

Création d'un ordre de travail

Equipements

- Factory - Workshop
 - TELMA
 - Machine

Recette

Recette: Rec_Bande_Dec10-1.0

Matière produite: Configuration

Process segment: Cellule

Ordre de fabrication: 18B19548DA6

Campagne: Pôle Smart

Date démarrage: 10/10/23 13:24 Date de fin: 10/10/23 14:24

Description:

Auto: Valide:

Lot: 1

Taille de lot: 1 Priorité: 5

OK Annuler

3. Enseignements en pédagogie

- > Sujets de TP variés (selon les publics)
 - ✓ Développement d'une application complète légère
 - ✓ Définition de modèles procéduraux
 - ✓ Concevoir et tester des indicateurs de performance (suivi TRS)

- > Projets, plateaux projets (travaux plus conséquents, travail en équipe)

- > Développement assez conséquent
 - ✓ Analyse, réalisation et mise au point
 - ✓ Côté M.E.S. mais aussi côté PLC(s)

- > Revoir la couche commande (approche fonctionnelle élémentaire)

- > Approche objet (séduisante, abstraction)

4. Discussion – Conclusion

» Questions ?



» Intégration d'une application MES à la cellule de production flexible de l'AIP de Valenciennes

<https://www.youtube.com/watch?v=Wl1K1-U27R8&t=16s>

Caulier P. (2021). *Intégration de fonction MES à l'architecture de pilotage d'une cellule de production flexible*. 17ème Colloque national S.mart, 31 mars-2 avril, Valenciennes, France.

Caulier P. (2021). *Gestion de l'exécution de phases de production par interface PLI*. 13ème Colloque sur la Modélisation des Systèmes Réactifs, MSR 2021, 8-9 novembre, Paris, France.

S.smart

Systems.Manufacturing.Academics.Resources.Technologies

***Nous vous remercions
pour votre attention
et votre participation constructive***

Patrice Caulier – INSA Hauts-de-France / LAMIH
François Proriol – INSA Hauts-de-France / Pôle S.smart NPdC
{prenom.nom}@uphf.fr