



**SOLUTIONS FONDERIE,**  
*services métallurgiques inc.*



---

# Méthodes d'analyses des défauts et rejets en fonderie

Yohan Tremblay, ing., métallurgiste

26 octobre 2015

# Déroulement

---

- Introduction
- Vos pratiques actuelles (petit sondage)
- Les nomenclatures de défauts
- L'analyse des rejets et des défauts en production
- La sévérité des défauts
- Les indicateurs qualité
- Méthode analytique d'analyse des défauts (pièces problématiques)



# Introduction

---

- L'analyse et l'identification des défauts de fonderie est complexe et difficile vu la complexité du procédé.
- L'identification du bon type de défaut est le prérequis pour connaître les causes et implanter les bonnes solutions.
- Plus l'analyse est rigoureuse et précise et plus elle sera profitable.
- Durant cette présentation, nous vous proposons une méthode analytique d'analyse des défauts des pièces problématiques.
- Pour commencer, nous verrons l'analyse des rejets en production, les indicateurs qualité et les nomenclatures de défauts.





# Nomenclatures de défauts

---

- Il existe plusieurs nomenclatures de défauts
  - Selon la géométrie et l'emplacement (Cock)
  - Selon l'origine métallurgique (John Campbell)
  - Selon la morphologie du défaut (Atlas international de défauts de fonderie)
  - Nouvelle méthode hybride (Project StaCast)
- Nous verrons des exemples des deux dernières méthodes



# Nomenclature International (AFS)

---

➤ International Atlas of Casting Defects

➤ Selon la morphologie du défaut

A- Excroissance métallique

B- Cavités

C- Défauts linéaires

D- Défauts de surface

E- Pièce incomplète

F- Dimension ou forme incorrecte

G- Inclusions ou anomalies internes



# Nomenclature Internationale (AFS)

Category	Level 1	Level 2		Level 3
A- Metallic Projections - Excroissance métallique	A100- Metallic projection in the form of fins or flash	A110- Fins or flash without change in casting dimension	A111	Joint flash or fins
			A112	Veining or finning
			A113	Heat-Checked die
			A114	Fillet scab
			A115	Fillet vein
		A120- Metallic projections in the form of fins with changes in principal casting dimensions	A123	Cracked or broken mold
	A200- Massive projections	A210- Swells	A212	Erosion, cut or wash
			A213	Crush
		A220- Projections with rough surface	A221	Mold drop or sticker
			A222	Raised core or mold element cutoff
			A223	Raised sand
			A224	Mold drop
			A225	Corner scab
			A226	Broken or crushed core

# Nomenclature Internationale (AFS)

Category	Level 1	Level 2		Level 3
A- Metallic Projections - Excroissance métallique	A100- Metallic projection in the form of fins or flash	A110- Fins or flash without change in casting dimension	A111	Joint flash or fins
			A112	Veining or finning
			A113	Heat-Checked die
			A114	Fillet scab
			A115	Fillet vein
		A120- Metallic projections in the form of fins with changes in principal casting dimensions	A123	Cracked or broken mold
	A200- Massive projections	A210- Swells	A212	Erosion, cut or wash
			A213	Crush
		A220- Projections with rough surface	A221	Mold drop or sticker
			A222	Raised core or mold element cutoff
			A223	Raised sand
			A224	Mold drop
			A225	Corner scab
			A226	Broken or crushed core



# Nomenclature Internationale (AFS)

Category	Level 1	Level 2		Level 3
B- Cavities- Cavités	B100- Cavities with generally rounded, smooth walls perceptible to the naked eye (blowholes, pinholes)	B110- Cavities like B100 but internal to the casting, not extending to the surface. Only detectable by special methods, machining or fracture of the casting.	B111	Blowholes, pinholes
			B112	Blowholes, adjacent to chills, inserts, chaplets, etc.
			B113	Slag blowhole
		B120- Cavities of class B100 located at or near the casting surface, largely exposed or connected with the exterior	B121	Surface or subsurface blowholes
			B122	Corner blowholes, draws
			B123	Surface pinholes
	B124		Dispersed shrinkage	
	B200- Cavities with generally rough walls, shrinkage	B210- Open cavities of class B200, sometimes penetrating deeply into the casting	B211	Open or external shrinkage
			B212	Corner or fillet shrinkage
		B220- Class B200 cavity located completely internal to the casting	B213	Core shrinkage
			B221	Internal or blind shrinkage
	B300- Porous structure caused by numerous small cavities, microshrinkage	B310- Cavities according to B300, scarcely perceptible to the naked eye	B222	Centerline or axial shrinkage
B311			Macro or micro-shrinkage porosity, leakers	

# Nomenclature hybride (project StaCast)

---

- 1<sup>er</sup> niveau: Emplacement, géométrie
- 2<sup>e</sup> niveau: Origine métallurgique
- 3<sup>e</sup> niveau: Défauts spécifiques

La méthode a été développée pour les fonderies d'aluminium par une université italienne.

Référence: New classification of defects and imperfections for aluminium casting, International Journal of Metalcasting, Janvier 2015



# Nomenclature hybride (project StaCast)

1 <sup>st</sup> Level	2 <sup>nd</sup> Level		3 <sup>rd</sup> Level	
<b>A</b>  <b>Internal Defects and Imperfections</b>	A1	Shrinkage defects and imperfections	A1.1	Macro-shrinkage
			A1.2	Interdendritic shrinkage
			A1.3	Layer porosity
	A2	Gas-related defects and imperfections	A2.1	Air entrapment porosity
			A2.2	Hydrogen porosity
			A2.3	Vapor entrapment porosity
			A2.4	Lubricant and/or die release agent entrapment porosity
	A3	Filling-related defects and imperfections	A3.1	Cold joint
			A3.2	Lamination
			A3.3	Cold shot
	A4	Undesired phases	A4.1	Inclusion
			A4.2	Undesired structure
	A5	Thermal contraction defects and imperfections	A5.1	Cold crack
			A5.2	Hot tear, hot crack

# Nomenclature hybride (project StaCast)

1 <sup>st</sup> Level	2 <sup>nd</sup> Level	3 <sup>rd</sup> Level		
<b>B</b>  <b>Surface Defects and Imperfections</b>	B1	Shrinkage defects and imperfections	B1.1	Sink
	B2	Gas-related defects and imperfections	B2.1	Blister
			B2.2	Pinhole
	B3	Filling-related defects and imperfections	B3.1	Cold joint, vortex
			B3.2	Lamination
			B3.3	Cold shot
	B4	Undesired phases	B4.1	Surface deposit
			B4.2	Contamination, inclusion
	B5	Thermal contraction defects and imperfections	B5.1	Cold crack
			B5.2	Hot tear, hot crack
	B6	Metal-die interaction defects and imperfections	B6.1	Erosion
			B6.2	Soldering
B6.3			Thermal fatigue mark	
B6.4			Ejection mark	
B6.5			Corrosion of the die	

# Analyse des défauts et des rejets

---

- Nous effectuons 2 types d'analyses des défauts
  - En production normale
    - Pré-triage par les meuleurs ou opérateurs
    - Analyse quotidienne par une équipe (qualité+production)
    - Identification des défauts
    - Encodage des rejets
    - Triage des cas problématiques
  - Cas problématique (méthode analytique)
    - Taux de rejets élevés, retours clients
    - Développement difficile
    - Optimisation à faire
    - Nouveau marché à développer



# Analyse des rejets et défauts

---

- Méthode pour l'analyse des rejets en production
- Comment?
  - Avoir une équipe multidisciplinaire pour l'analyse des défauts
    - Minimum 2 personnes
    - Pour obtenir, une discussion et un échange
    - Trouver le bon défaut n'est pas facile et demande de la formation et de l'entraînement.
- Où?
  - Faire un poste de travail spécifique bien équipé.
    - Bon éclairage, bien identifié, avec zone de quarantaine
    - Palan, crochet, table, étagère
    - Bibliothèque avec les livres de références
- Quand?
  - Quotidiennement, idéalement
  - Hebdomadaire, minimum
  - Revoir les cas les plus importants à la réunion qualité



# Sévérité des défauts

---

- Les défauts sur les pièces n'occasionnent pas nécessairement le rejet de la pièce.
- Certains causes le rejet de la pièce et d'autres occasionnent un retraitement.
- Selon le type, l'emplacement et la gravité
  - Rejet
    - Ex. retrait, manque de métal, inclusions importantes, etc.
  - Surplus de meulage
    - Ex. sable collé, pénétration, fines, surépaisseur
  - Soudage, maquillage (bouche-pore)
    - Ex. Inclusions, porosités, retrait
  - Aucun traitement
    - Ex. Micro-retassures, porosités, rugosité
- Il faut comptabiliser et analyser les défauts même s'ils n'ont pas occasionnés un rejet.
- Le retraitement amène des coûts supplémentaires et des retards
  - Ça embellie artificiellement la situation avec le risque de ne pas solutionner les causes.



# Indicateurs

---

- L'analyse des défauts et rejets va fournir des données pour corriger et améliorer la qualité
- Les cas les plus importants doivent être pris en charge par l'équipe technique en utilisant pour une analyse plus profonde.
- Indicateurs à afficher et à suivre à la réunion qualité
  - % rejets
    - En nombre de pièces \*
    - En valeur (\$)
  - Pareto par type de défauts
  - Pareto par type de pièces





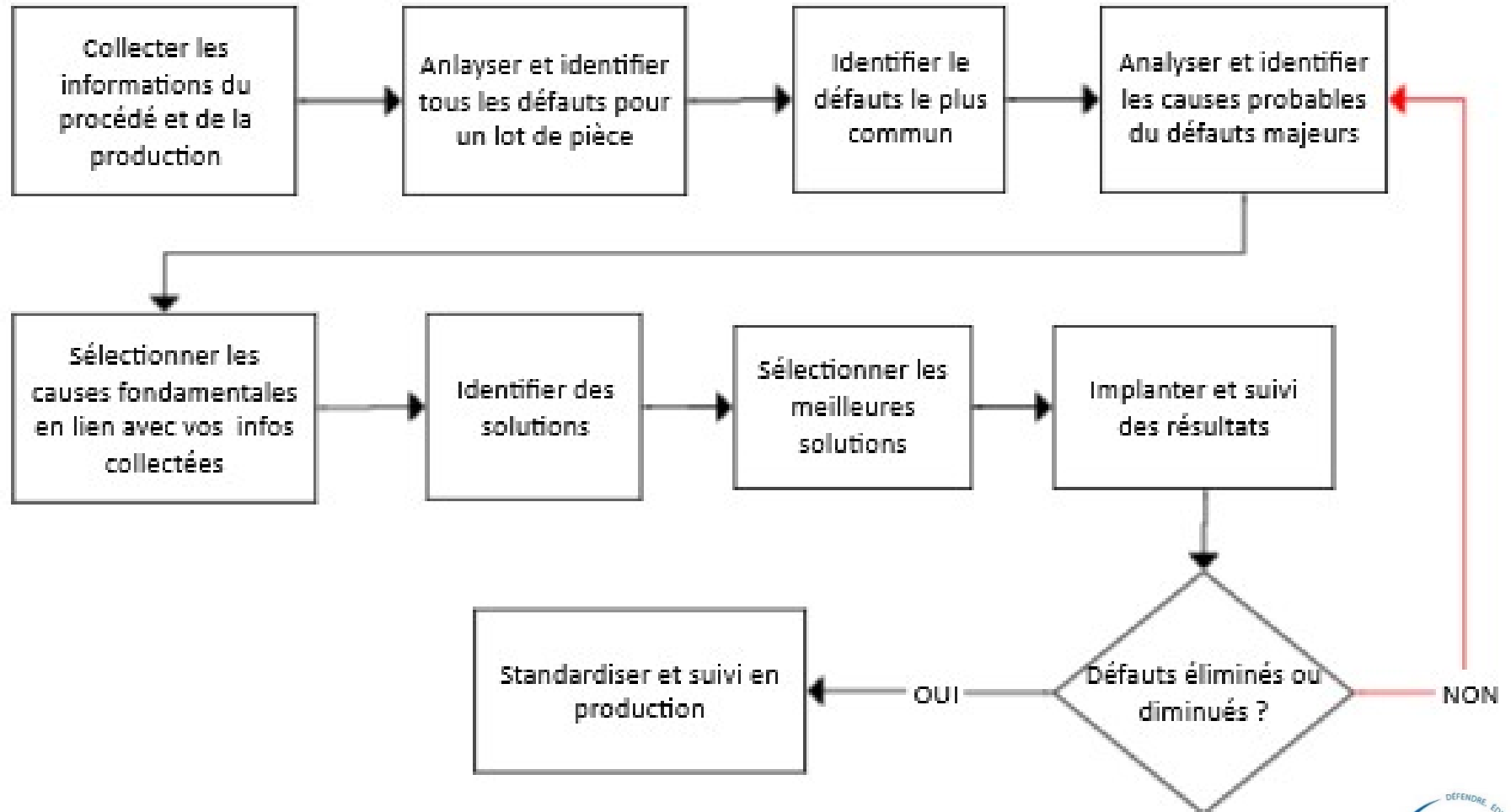
# Méthode d'analyse pour les cas problématiques

---

- La méthode d'analyse sera complémentaire à l'analyse des rejets en production
- Les cas problématiques à analyser proviennent de diverses sources
  - Signalés et identifiés lors de l'analyse des rejets
  - Discutés en réunion qualité en analysant les indicateurs
  - Pièces en cours de développement
  - Pièces à améliorer pour des marchés plus difficile
  - Retours clients
- La méthode permettra de trouver les causes fondamentales et d'implanter les bonnes solutions
- En équipe multidisciplinaire de 4 à 6 personnes



# Processus de la méthode analytique

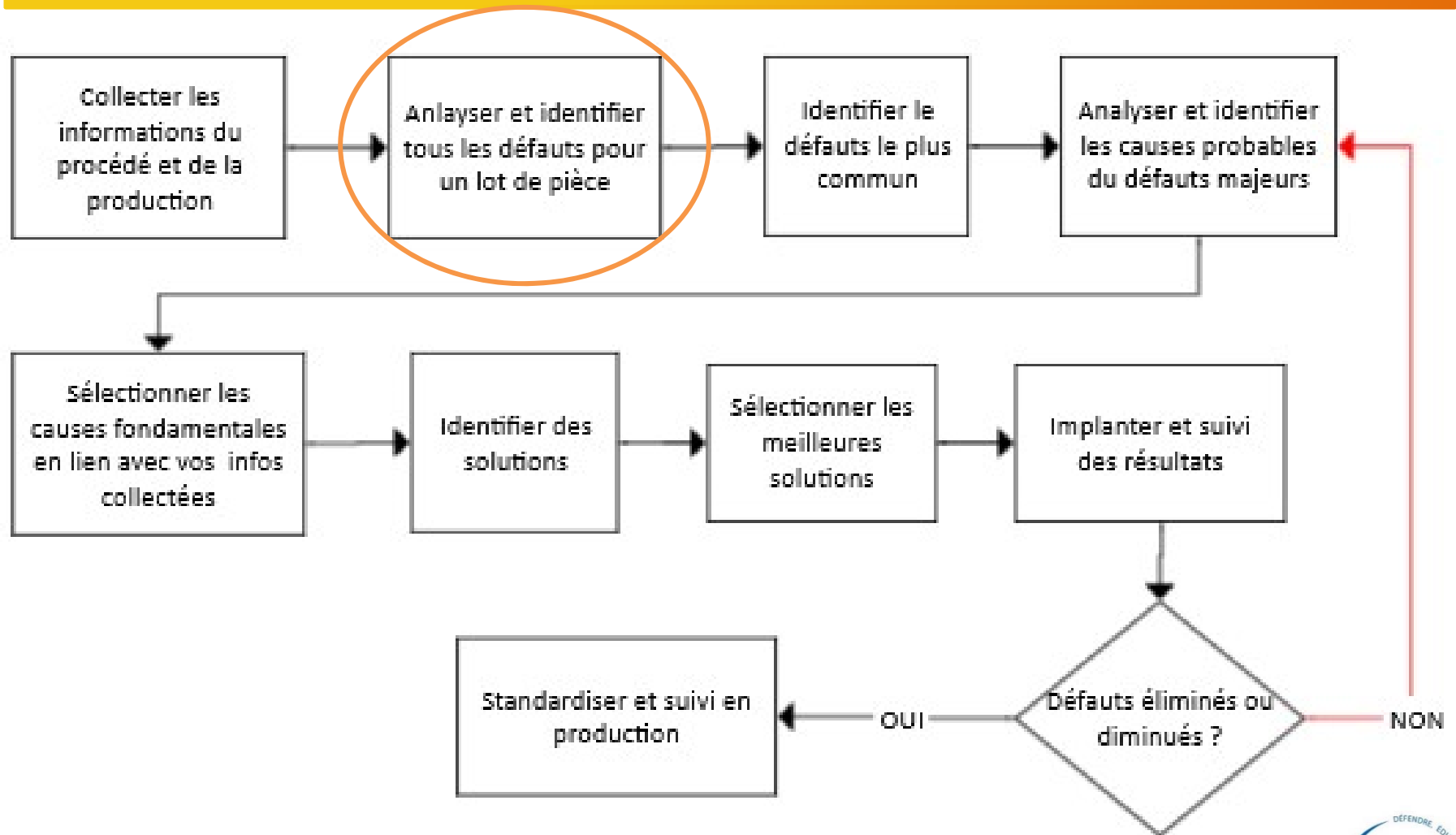


# Processus d'analyse (détailé)

Collecter les informations

- Historique de la pièce
  - %rejets et types de défauts par lots (stats)
  - Rejets sporadiques ou nouveaux
  - Comparaison données procédé avec dernier lot
- Données du procédé
  - Qualité métal (analyse chimique, analyse thermique, charges, attente, microstructures, propriétés mécaniques)
  - Coulée: température coulée, temps, nb de moules
  - Moulage: propriétés sable et noyaux, dureté des moules, état mixer
- Production
  - Pannes, arrêt, remplacement, problèmes
  - Tout évènement non commun ou non prévu

# Processus d'analyse



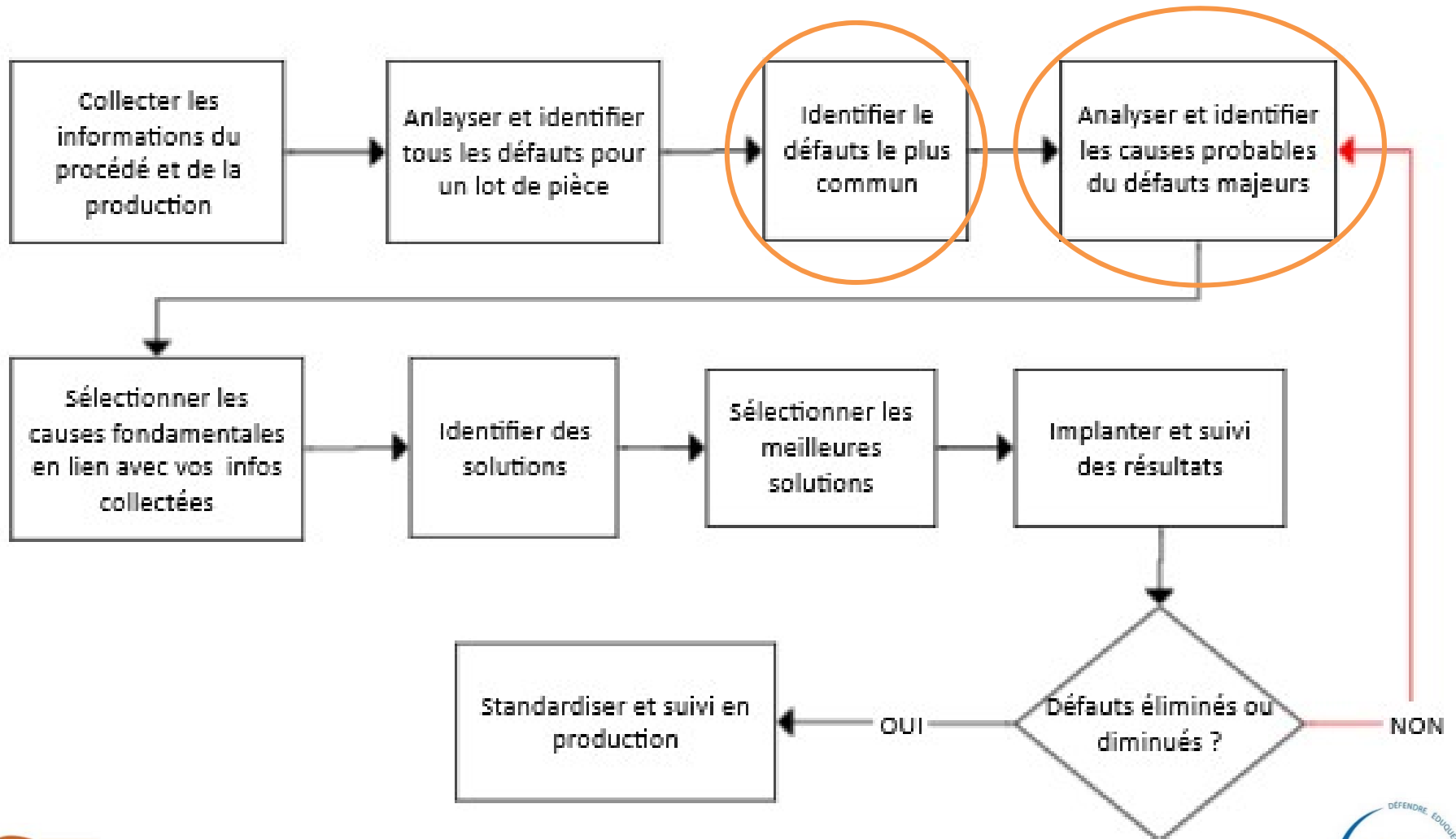
# Processus d'analyse (détaillé)

---

Analyser et identifier tous les défauts pour un lot de pièces

- Faire une analyse exhaustive des défauts en équipe
- Relever les défauts peu importe s'ils occasionnent un rejet ou non.
- Couper des pièces ou utiliser des méthodes NDT pour vérifier la qualité interne
- Utiliser des livres de références et une nomenclature précise.
- Ne pas se limiter aux codes existants

# Processus d'analyse



# Processus d'analyse (détaillé)

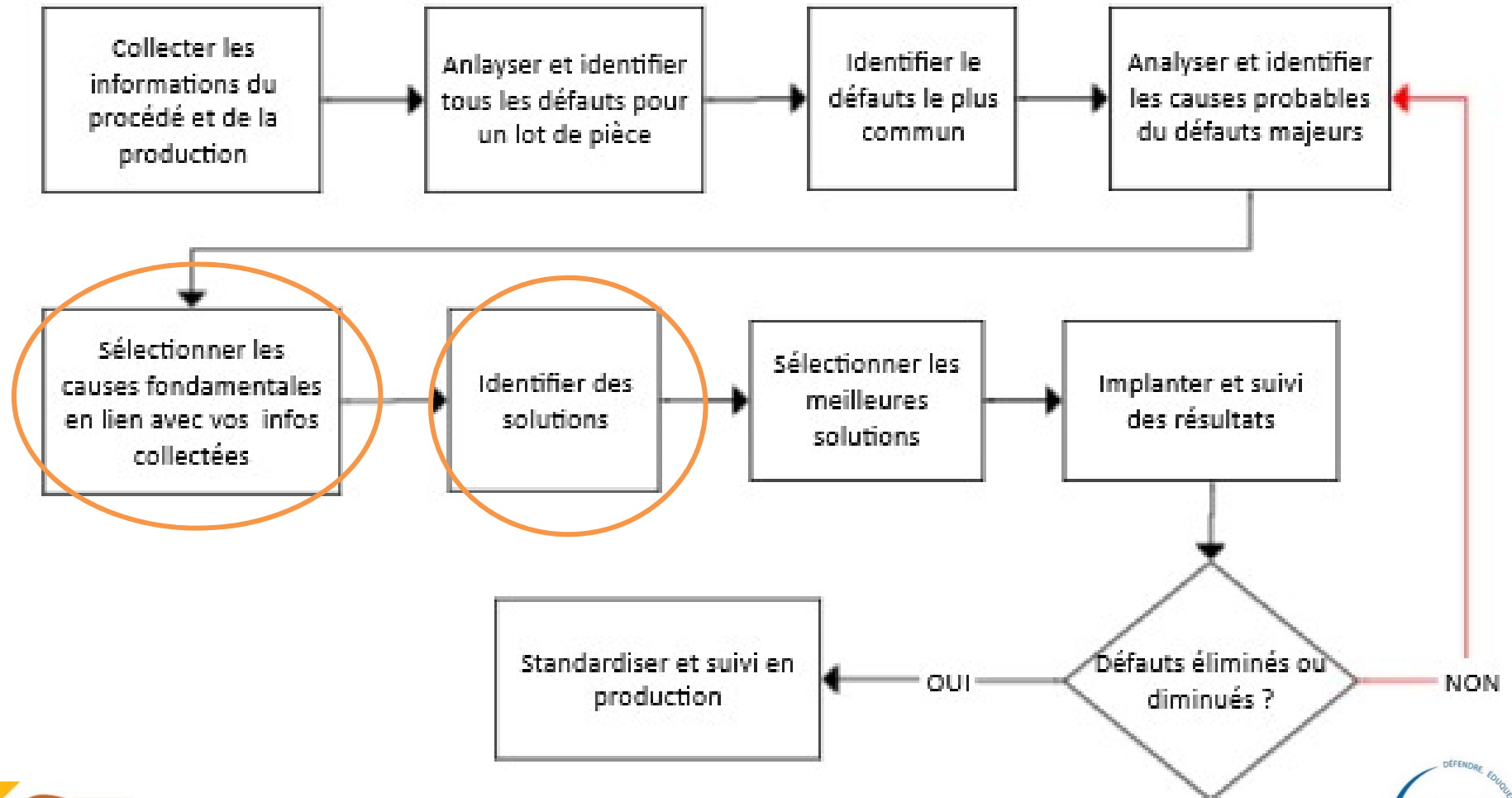
Identifier le défaut le plus commun

- Compiler les données de l'analyse
- Faire un graphique sous forme de Pareto
- Prendre plusieurs défauts de mêmes familles si l'occurrence n'est pas élevé (Obtenir environ 80% des défauts)

Identifier les causes probables du défaut majeur

- Utiliser des livres de références pour connaître les causes typiques. Reprendre les causes en lien avec votre procédé.
- En équipe, faire un diagramme causes-effet (Ishikawa)
- Utiliser un outil d'analyse qualité et de remue-méninge (Brainstorming), selon vos préférences.
- Un bon animateur de la réunion ayant l'expérience d'outil qualité est un atout

# Processus d'analyse





# Processus d'analyse (détailé)

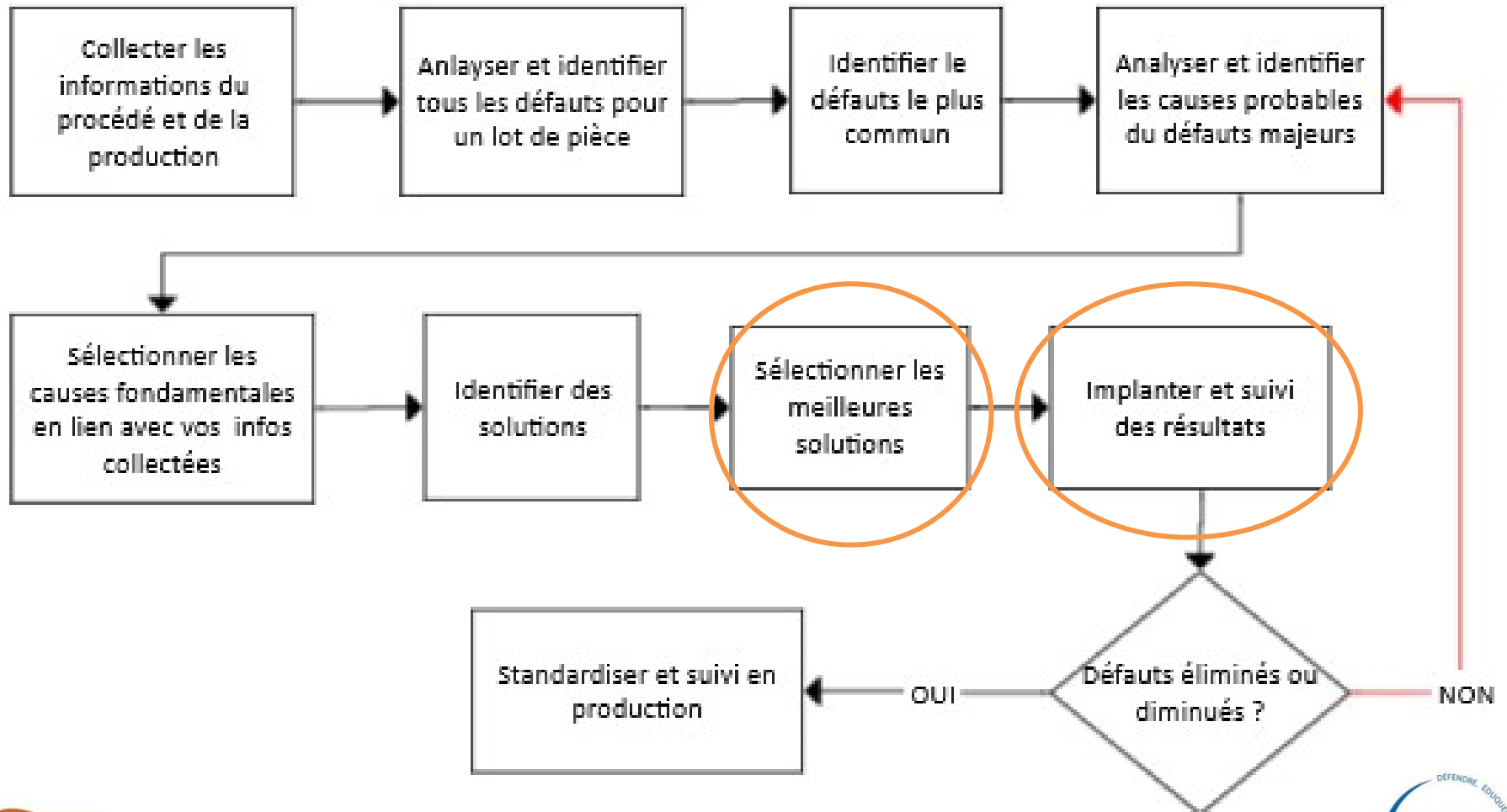
Sélectionner les causes fondamentales en lien avec vos infos collectées.

- Reprendre le résultat de votre analyse et sélectionner les 2-3 causes les plus probables
- Prioriser les causes qui règlent le défaut à sa source (ex. amélioration du procédé)
- En équipe, en utilisant une méthode qualité, selon vos préférences.
- L'objectif est de retrouver les causes fondamentales de vos défauts

Identifier les solutions

- En ayant les causes, les solutions sont habituellement déjà connu.
- Exemples de solutions
  - Formation, information
  - Instructions spéciales, consignes, formulaires
  - Contrôle procédé (labo ou autocontrôle)
  - Contrôle qualité (NDT, propriétés physiques et mécaniques)
  - Nouvelle recette
  - Nouveau design du système d'alimentation et de masselotage (gating)
  - Projet d'investissement d'un nouvel équipement (\$\$\$)

# Processus d'analyse



# Processus d'analyse (détailé)

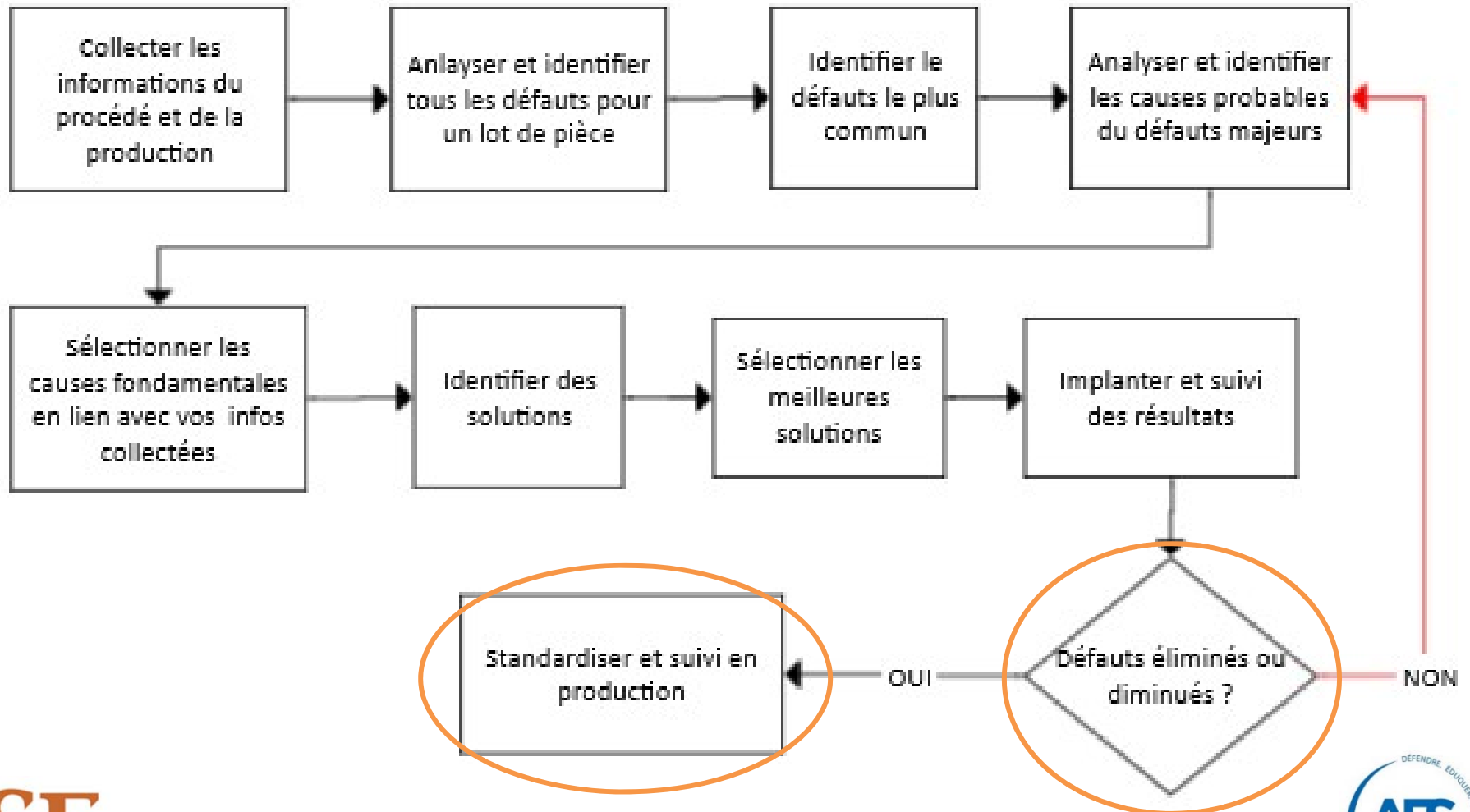
Sélectionner  
les  
meilleures  
solutions.

- Les solutions les plus efficaces ne sont pas les plus complexes
- Améliorer le procédé est une amélioration touchant la majorité des pièces produites
- Le contrôle du procédé permet de diminuer la variation de qualité causant plusieurs défauts
- La formation et l'information des opérateurs préviennent plusieurs problèmes
- Adapter les solutions selon votre budget et vos priorités

Planter et  
suivre les  
résultats

- Planter les solutions retenues
- Exemples
  - Formation, information des opérateurs
  - Ajustement des recettes
  - Contrôles du procédé
  - Modification du modèle
  - Etc.
- Faire un lot d'essai en suivant tous les paramètres du procédé
- Analyser les défauts du lot

# Processus d'analyse



# Processus d'analyse (détailé)

## Vérification des résultats

- Est-ce que les défauts et les rejets ont diminué ?
- Est-ce que nous sommes satisfait du résultat?
- Est-ce que nous voulons implanter une nouvelle solution ?
- Est-ce que nous voulons un nouveau lot d'essai?
- Si les résultats ne sont pas suffisant, reprendre la méthode à l'étape « Analyser et identifier les causes probables du défaut majeur »

## Standardiser et suivi en production

- Modifier les instructions de travail et les standards de production
- S'assurer que les solutions soient connus de tous et intégrer par la production
- Suivre attentivement la qualité pour les lots subséquents
  - (2-3 lots)

# Conclusion

---

- Il est important d'avoir un processus d'analyse des rejets bien documenté et rigoureux.
- L'analyse des rejets en production permet de relever rapidement les cas problématiques.
- La méthode analytique d'analyse des défauts permet de trouver les causes fondamentales et d'implanter les bonnes solutions.
- L'analyse des défauts de fonderie est fortement liée à l'amélioration de la qualité des pièces.
- La formation des intervenants à l'analyse des défauts sera un atout pour identifier les défauts.



# Références

---

1. International Atlas of Casting Defect, AFS, 1999, 2007
2. New Classification of Defects and Imperfections for Aluminium Alloy Castings, E.Fiorese, F.Bonollo, University of Padova, Italy, *Journal of Metalcasting*/Volume 9, Issue 1, 2015
3. StaCast-New Quality and Design Standards for Aluminium Alloys Cast Products, Deliverable D2.1, Database on Defects, mars 2013
4. Characterization and Correction of Casting Defects, T.Donohue, Helmut Frye Ph.D, TechForm, Advanced Casting Technology, L.L.C, 1999



Pour toutes questions ou informations complémentaires, veuillez nous contacter.

---



**SOLUTIONS FONDERIE,**  
*services métallurgiques inc.*

*Yohan Tremblay, ing.*  
*Président et métallurgiste principal*

819-588-3243  
yohan.tremblay@solutionsfonderie.com