

Colloque Insights | 2019 Paris



Cas réels | Echanges entre pairs | Démos



Minitab®



Companion
by Minitab®



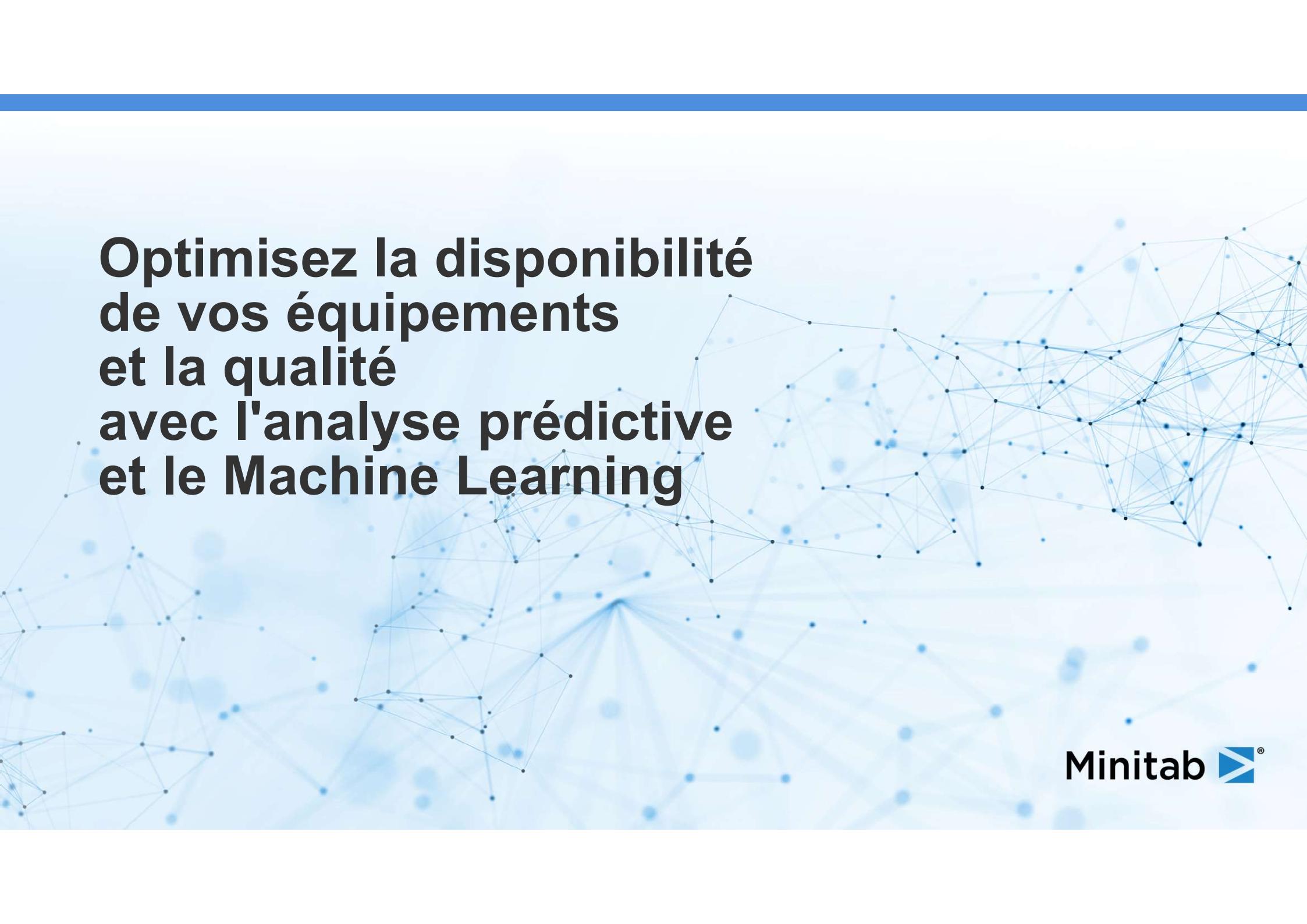
Quality Trainer®



SPM®

Minitab

© 2019 Minitab, LLC.

A complex network graph with numerous small, semi-transparent blue dots representing data points, connected by a web of thin blue lines forming a dense web of triangles and polygons. The graph is set against a light blue background and is visible through the semi-transparent overlay of the text.

**Optimisez la disponibilité
de vos équipements
et la qualité
avec l'analyse prédictive
et le Machine Learning**

Minitab 

Contexte

- ▶ Marché de l'impression gros volumes, marges faibles
- ▶ Exigences client :
 - Qualité d'impression irréprochable
 - Respect des délais
- ▶ Besoin : disponibilité des équipements

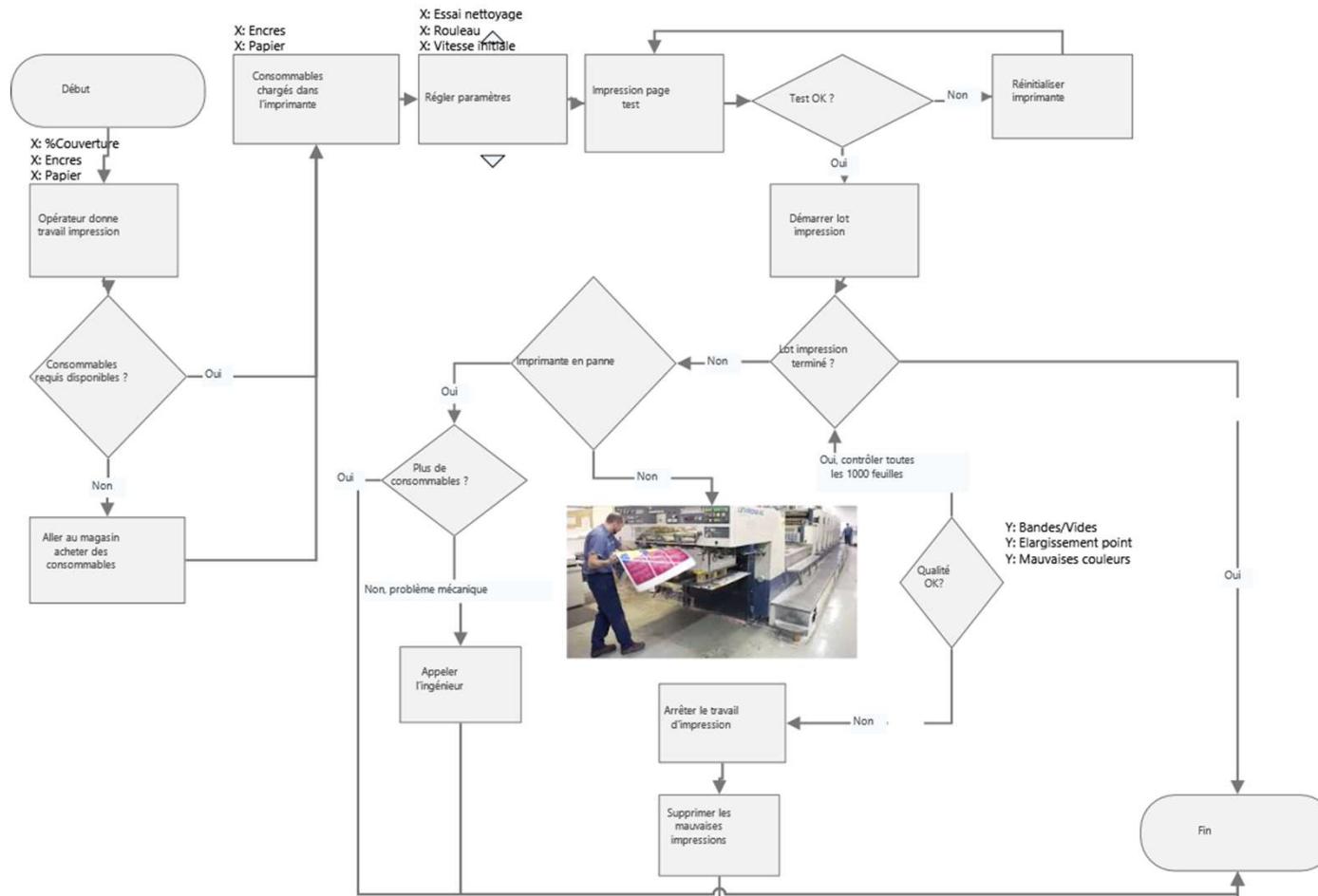


Quel est le défi à relever ?

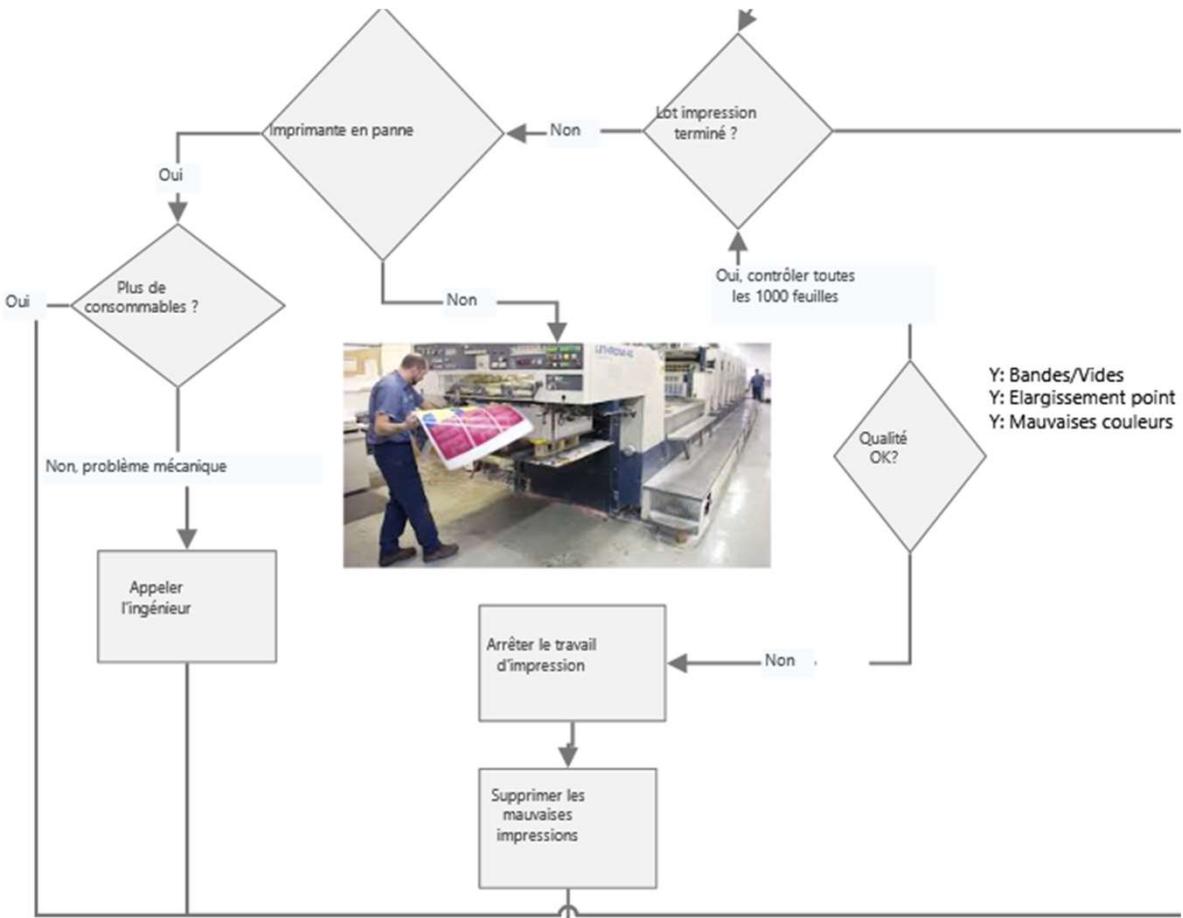
- ▶ Augmentation des temps d'arrêt
- ▶ Qualité insuffisante des impressions
- ▶ Coûts induits :
 - Non qualité
 - Maintenance
 - Immobilisation des équipements



Procédé d'impression



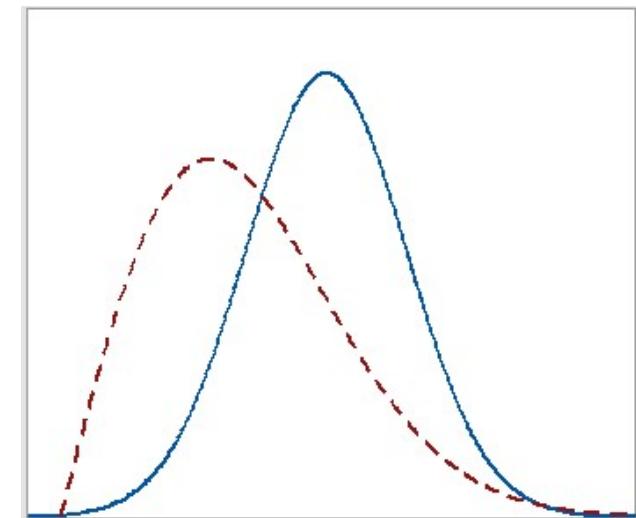
Identification de l'étape problématique du procédé



- Arrêt de la production en cas de perte de qualité d'impression
- Perte de temps, perte de produit final
- Plus le problème survient tôt dans le procédé, plus les coûts induits sont élevés
- Calcul du temps moyen avant mise à l'arrêt grâce aux tests de fiabilité

Pourquoi les tests de fiabilité plutôt que l'étude des valeurs moyennes

- ▶ Taille de lots standards : 10000 exemplaires
- ▶ Durée de vie du matériel bureautique : inconnue
- ▶ Données tronquées
- ▶ Loi de distribution : les données ne suivent pas nécessairement la courbe de Gauss



Résultats de l'analyse de fiabilité

- ▶ Choisissez la loi représentant le mieux la distribution de vos données
 - Weibull pour le trimestre précédent et le trimestre en cours
- ▶ Calcul du temps moyen avant panne (MTTF)
 - TP = 14249 exemplaires
 - TC = 11750 exemplaires
- ▶ Estimation de la proportion d'impressions abandonnées avant d'atteindre les 10000 exemplaires :
 - TP = 88% peuvent imprimer au moins 10000 exemplaires, limite inférieure de l'intervalle de confiance 85%
 - TC = 79% peuvent imprimer au moins 10000 exemplaires, limite inférieure de l'intervalle de confiance 75%
- ▶ Information cruciale pour le client: pourquoi certaines impressions ne sont-elles pas réalisées ?

Quelle est la cause racine du problème ?

Résultats d'impression

Diagramme de Pareto de Résultat Impression en fonction de Trimestre
Trimestre = Trimestre précédent

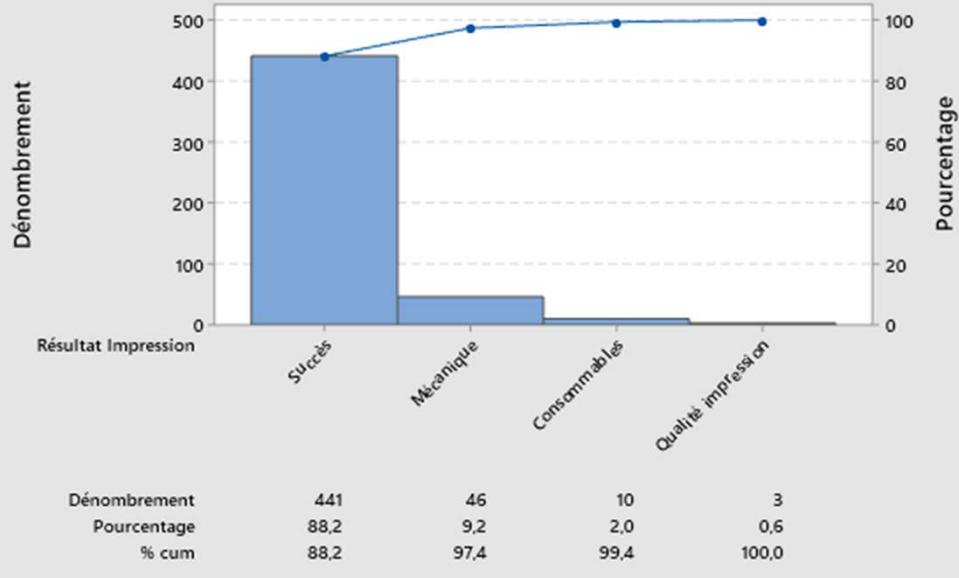
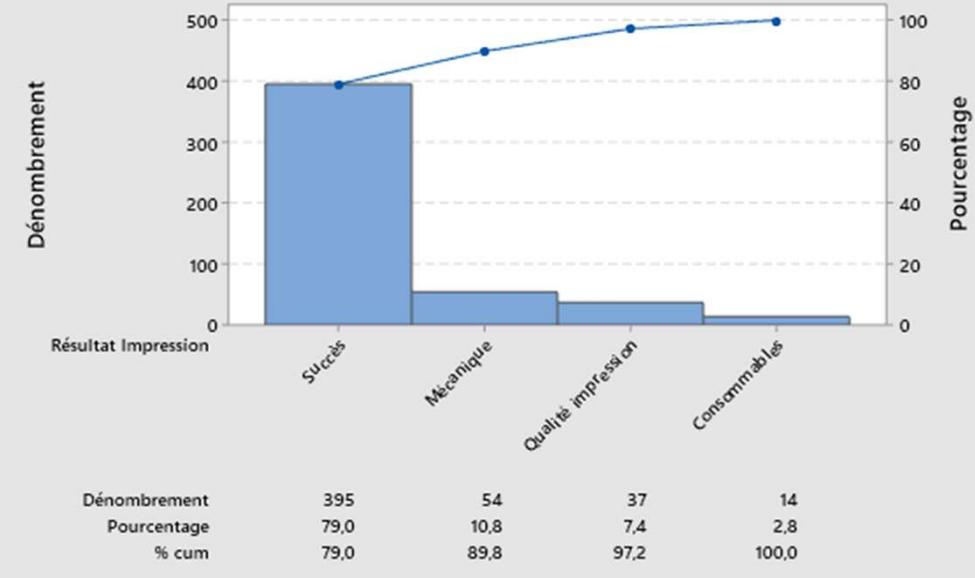
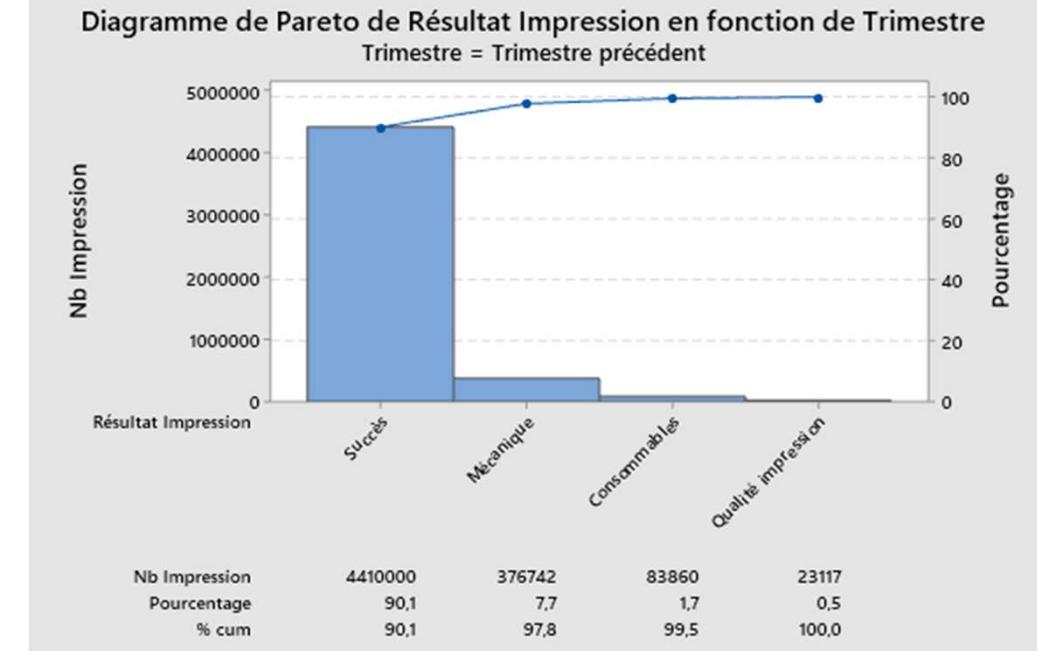
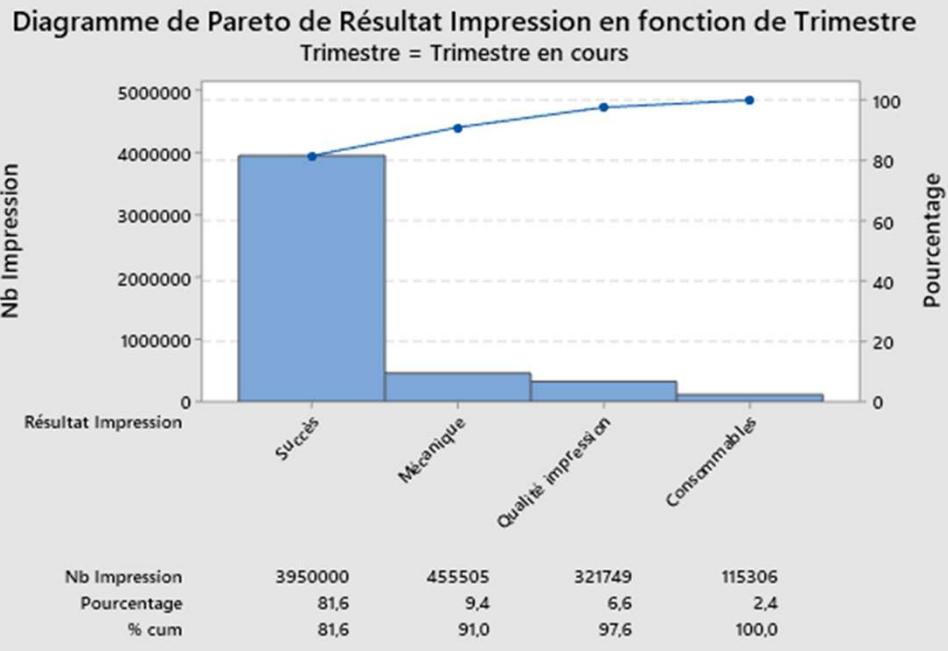


Diagramme de Pareto de Résultat Impression en fonction de Trimestre
Trimestre = Trimestre en cours



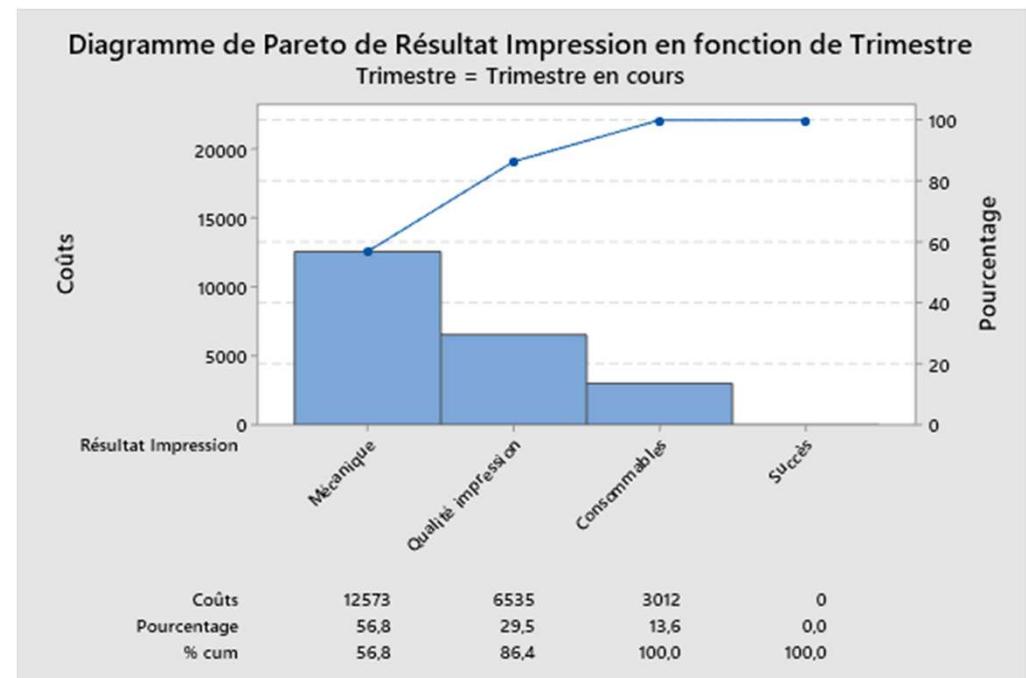
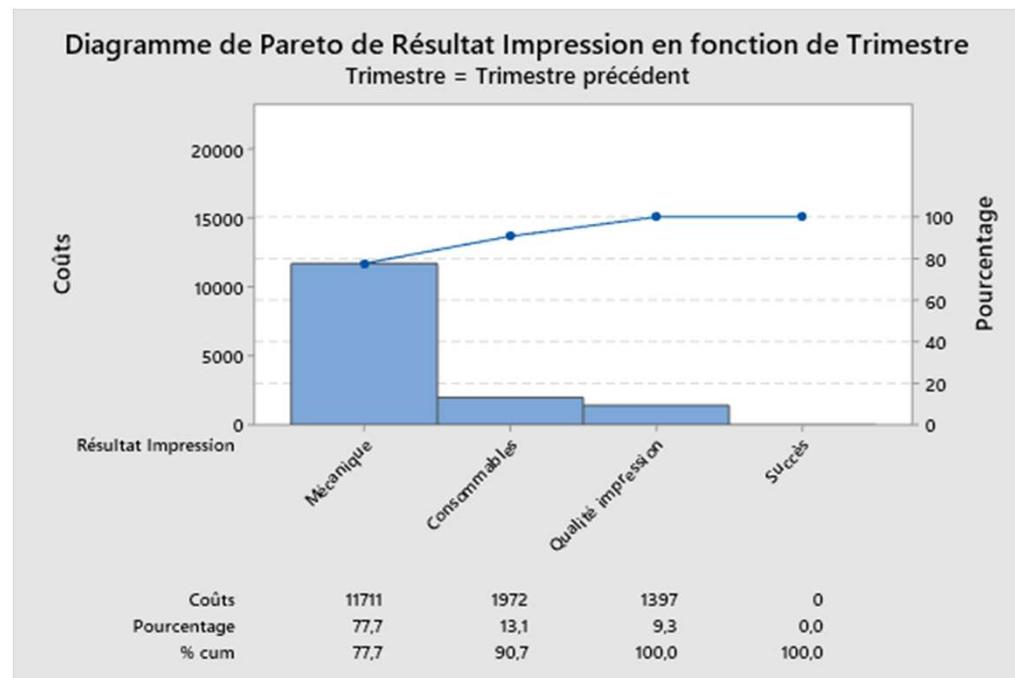
Réduction de la proportion d'impressions réussies de 88 à 79%

Performance du procédé : nombre d'impressions



Réduction du nombre d'impressions

Quel est l'impact en terme de coûts ?



Les coûts ont augmenté, notamment les coûts liés à la qualité d'impression, avec un facteur 5 !

Hypothèses

- ▶ Tailles de lots d'impression identiques : 10000
- ▶ Opération quotidienne de maintenance
- ▶ Problèmes types :
 - Défaut mécanique
 - Manque de consommables
 - Qualité d'impression insuffisante
- ▶ Coût du manque de consommables : 3,50

Rare : stock de papier et encre vérifié avant chaque tirage

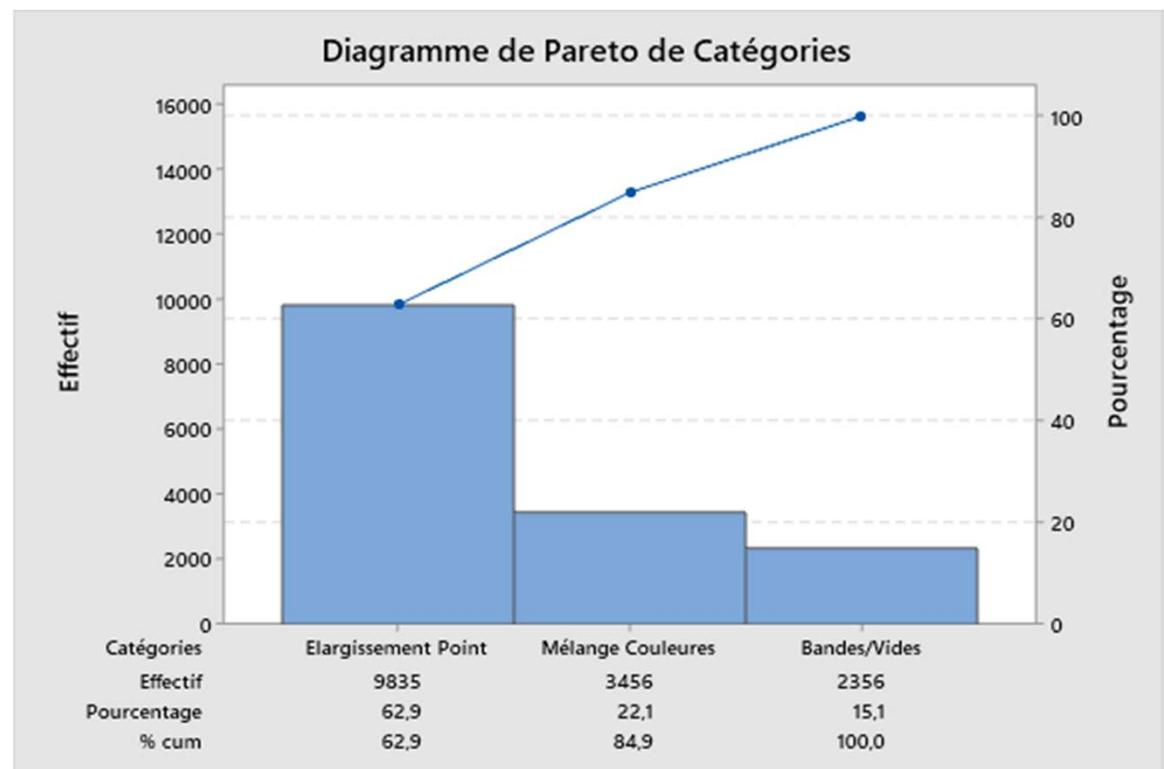
- ▶ Coût du défaut mécanique : 0,70 par minute d'arrêt machine
- ▶ Coût de la qualité d'impression insuffisante : 0,19 par exemplaire – l'opérateur interrompt le tirage
- ▶ Coût d'un tirage de lot d'impression incomplet : 0,12 par exemplaire non imprimé



D'où vient la non qualité ?

Quels étaient les problèmes d'impression ?

Les opérateurs ont inspecté visuellement la qualité des 10 derniers lots imprimés

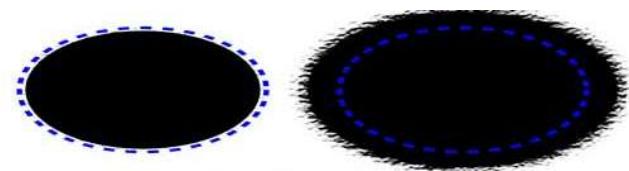


Efforts concentrés sur l'élargissement point

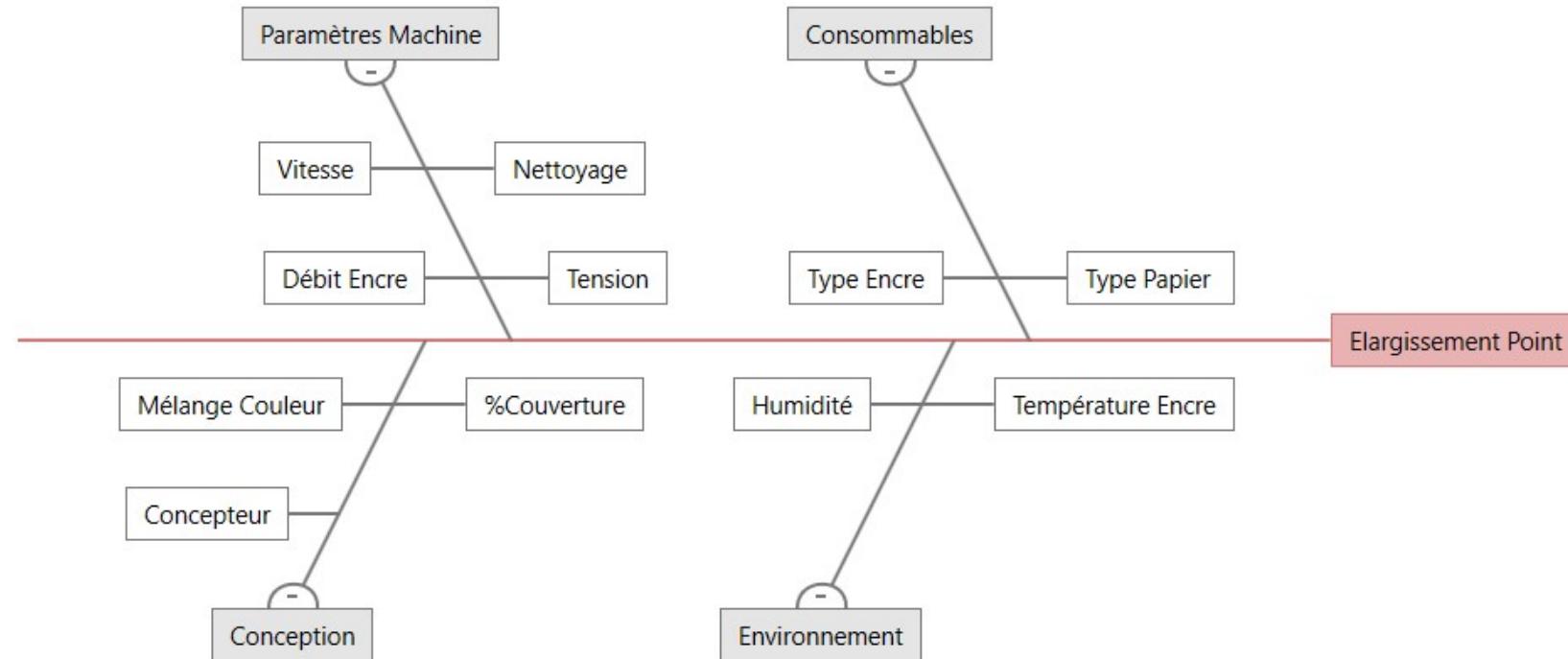
Concentrons-nous sur la taille souhaitée d'un point imprimé

L'augmentation de l'élargissement point rendra les impressions plus sombres.

- ▶ Pourquoi l'élargissement point peut-il poser problème ?
- ▶ Quels facteurs peuvent avoir une influence sur l'élargissement point ?

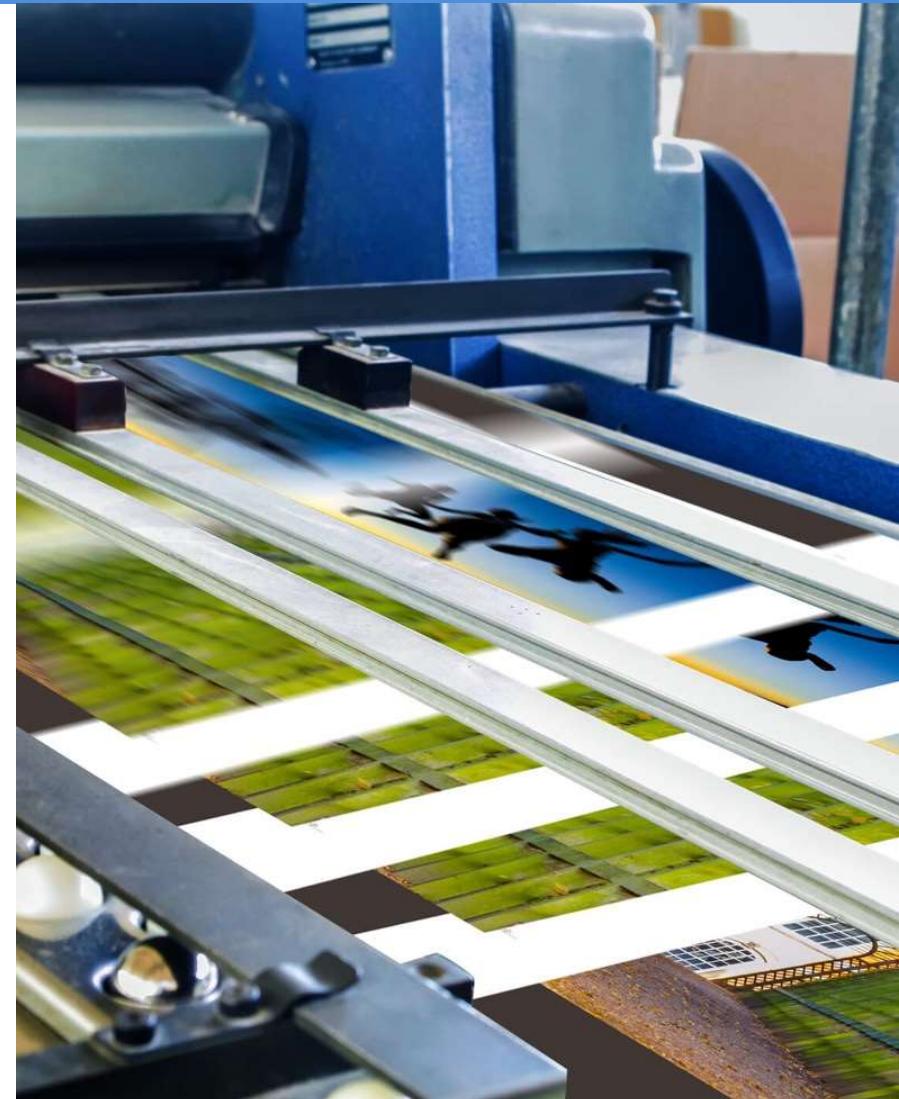


Les facteurs influents sur l'aplat



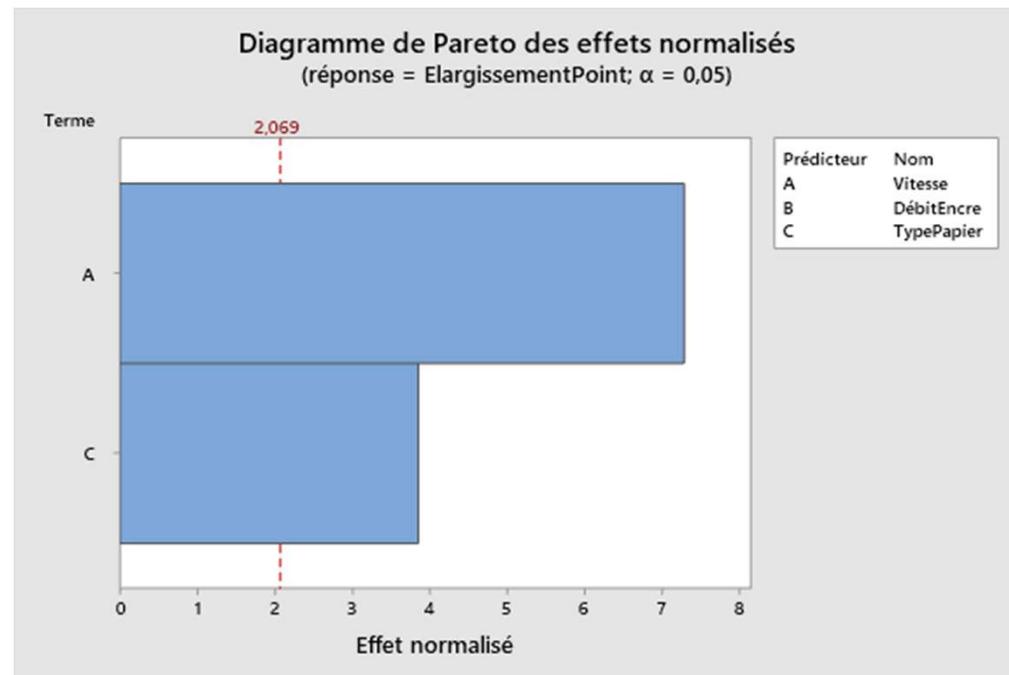
Jeu de données sur les performances de l'élargissement point

- ▶ Objectif pour l'élargissement point encre jaune : **18%**
- ▶ Intervalle pour la moyenne : entre **15%** et **22%**
- ▶ Dans ce petit jeu de données, la moyenne est de **34%**

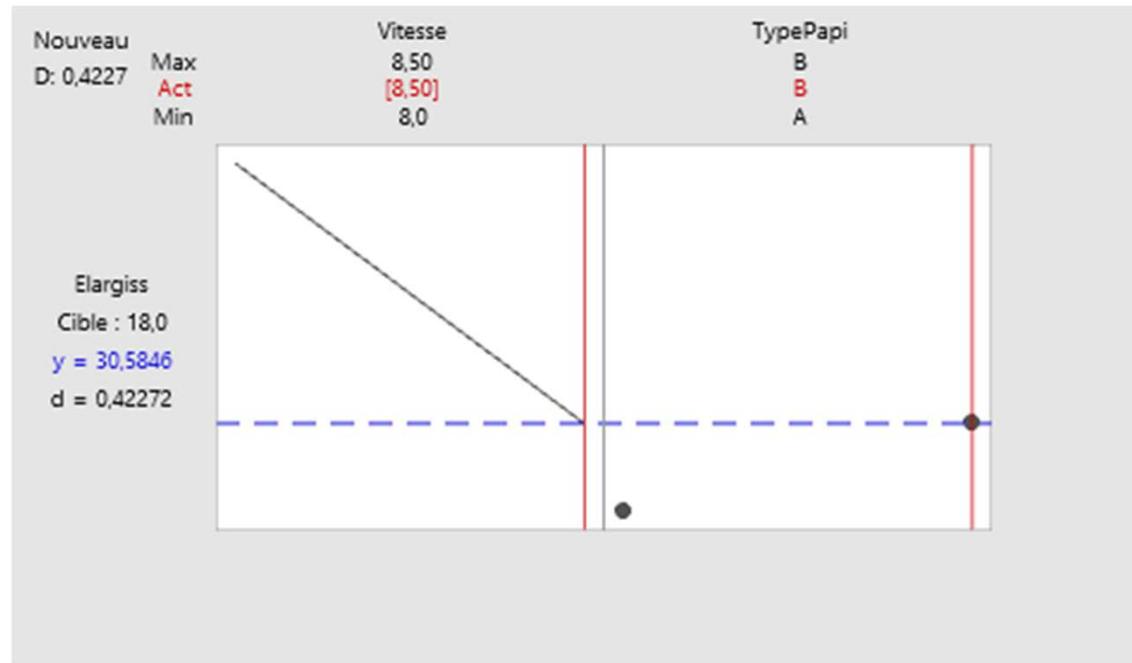


Analyse de régression sur un petit jeu de données pour l'aplat

- ▶ Le Type de papier et la Vitesse ont un effet significatif
- ▶ Ce mois-ci l'imprimerie ABC a un nouveau client et celui-ci souhaite imprimer sur un papier de Type B
- ▶ Les analyses initiales du papier de Type B constatent un élargissement point à un niveau inacceptable, et ce à n'importe quelle vitesse
- ▶ L'objectif peut être atteint avec un papier de Type A.
- ▶ Des paramètres d'impression doivent être définis pour maintenir l'élargissement point au niveau voulu, quelque soit le type de papier



Résultats de l'optimisation de réponse avec le papier de type B



Pourquoi ne pas mener un plan d'expériences ?

Pourquoi ne pas envisager un plan d'expériences ?

- ▶ Les changements de paramètres nécessiteraient des arrêts machine, ce qui n'est pas possible
- ▶ Le paramétrage spécifique des facteurs peut altérer la qualité d'impression, or nous ne sommes pas autorisés à produire des impressions qui iraient au rebut
- ▶ Un plan d'expériences peut nécessiter des combinaisons de réglages irréalistes dans les faits
- ▶ Un grand nombre de covariables et de variables de bloc devraient être pris en compte dans le procédé

Quelles données peuvent être collectées ?

► Les imprimantes produisent des données en temps réel

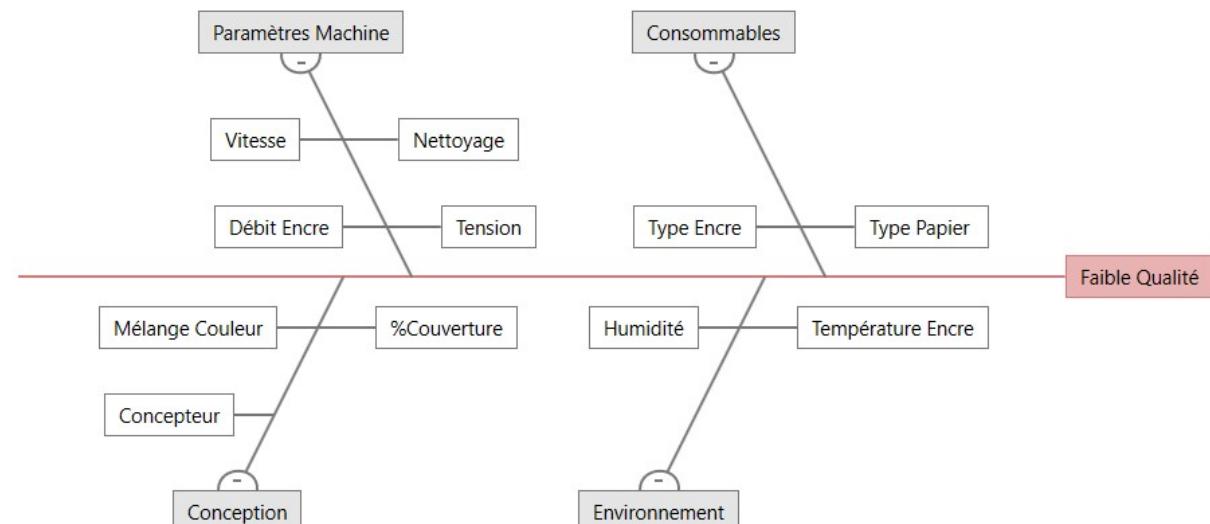
- Viscosité de l'encre
- Température de l'encre
- Pression de l'encre

► A chaque tirage sont renseignés :

- L'identité de l'imprimante
- Le type de papier
- L'élargissement point, appelé %Couverture
- Le concepteur

► Les opérateurs peuvent ajuster

- La vitesse initiale
- Le niveau d'encre
- La tension (assiette et couverture)
- Les paramètres rouleau

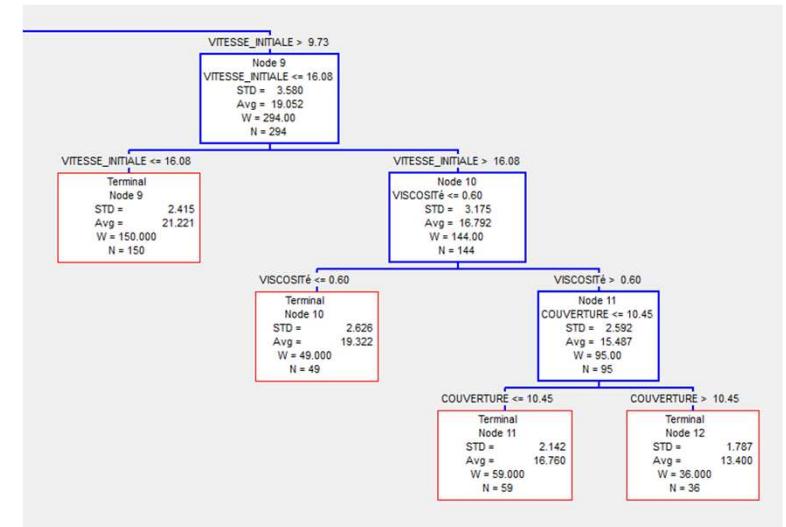
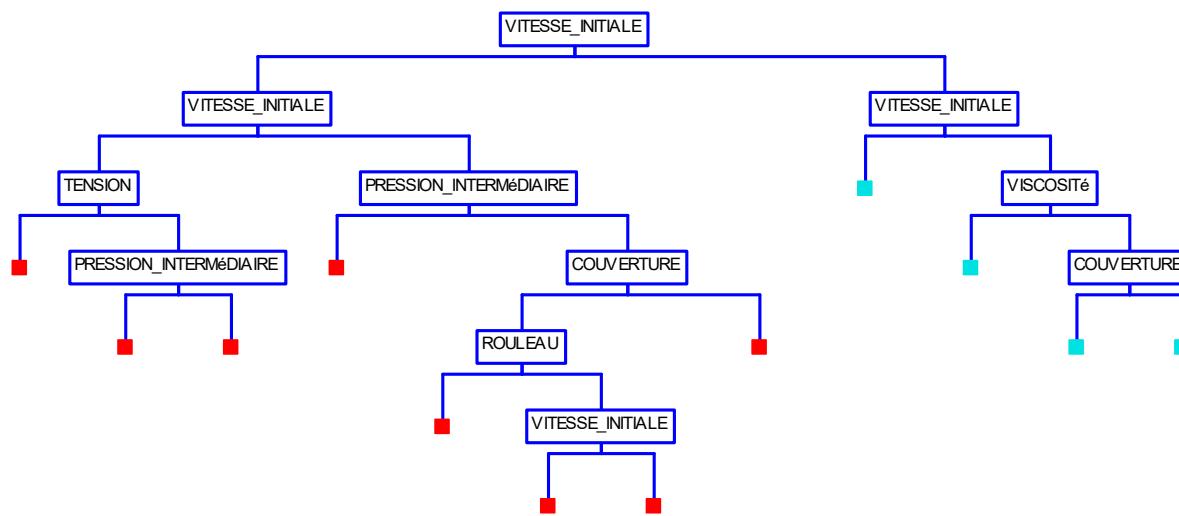


Etant donné le nombre de paramètres, les relations non linéaires, l'utilisation d'une analyse de régression classique est écartée. Un arbre de régression et de classification peut apporter des informations intéressantes.

Les arbres de décision

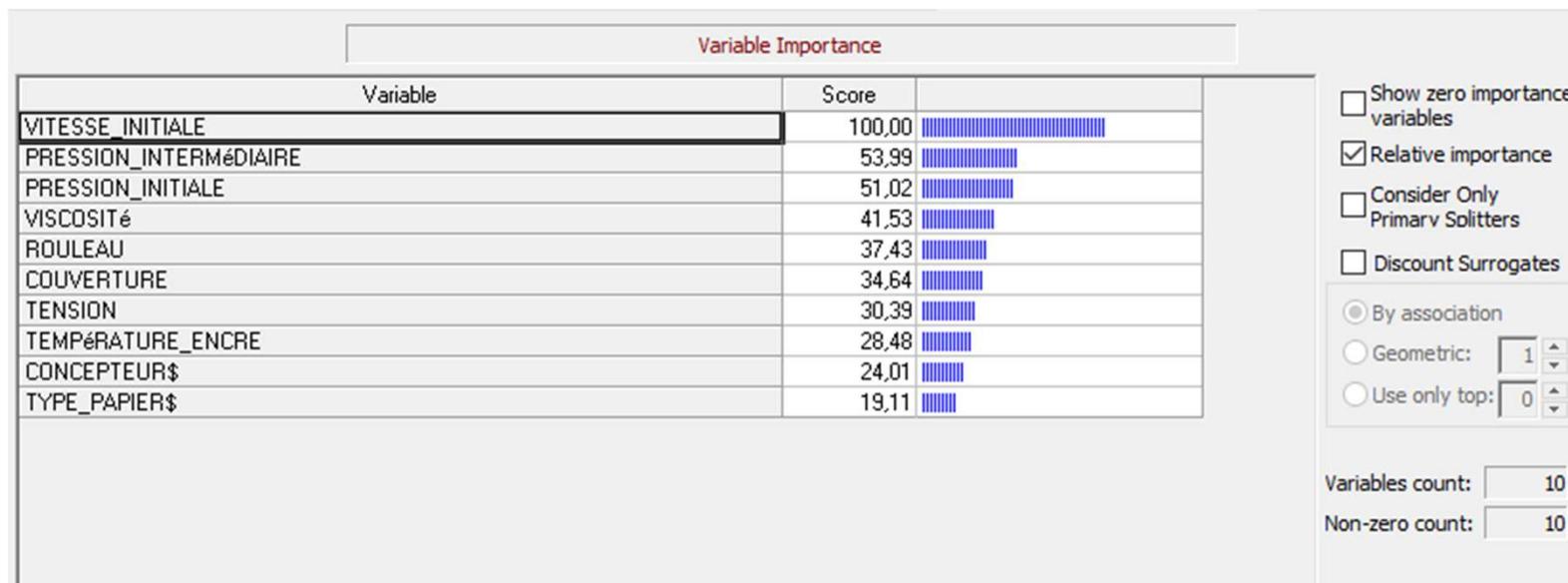
CART – Arbre de décision

- Objectif pour l'aplat (Couverture) : 18%
- Objectif pour la moyenne : entre 15% & 22%
- VITESSE_INITIALE, VISCOSITÉ et %COUVERTURE sont des prédicteurs clés de performance pour un aplat acceptable

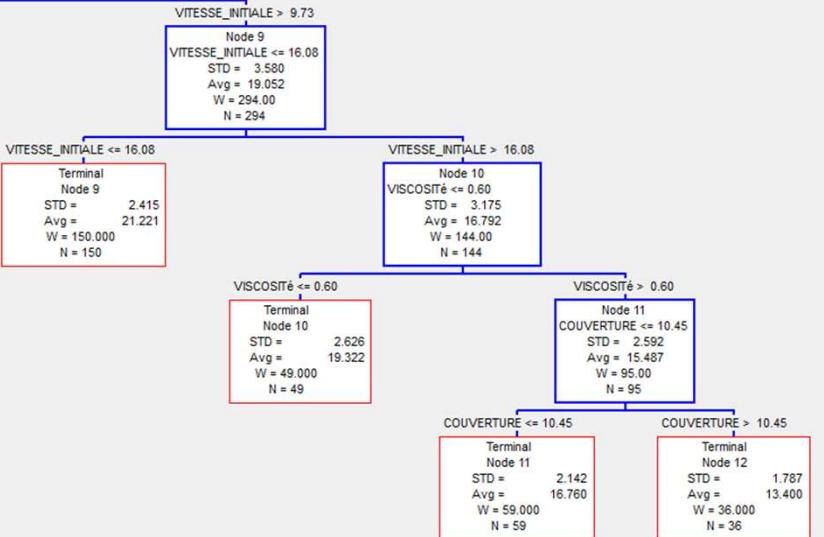


Le contrôle de la variable Couverture n'est pas réaliste, il limiterait les types de documents pouvant être imprimés.

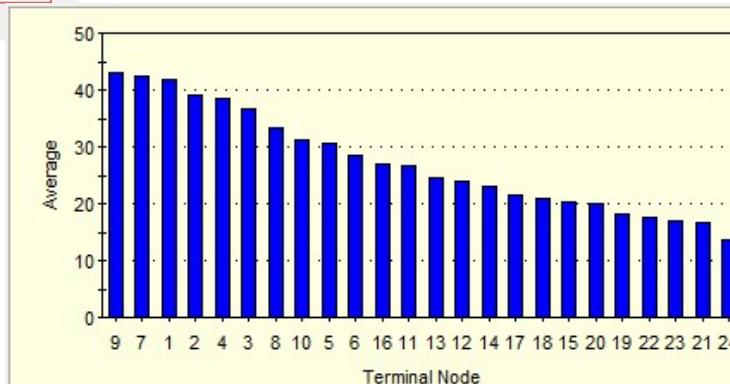
La variable Couverture est importante



Re-programmer l'arbre de classification et de régression pour exclure la variable Couverture

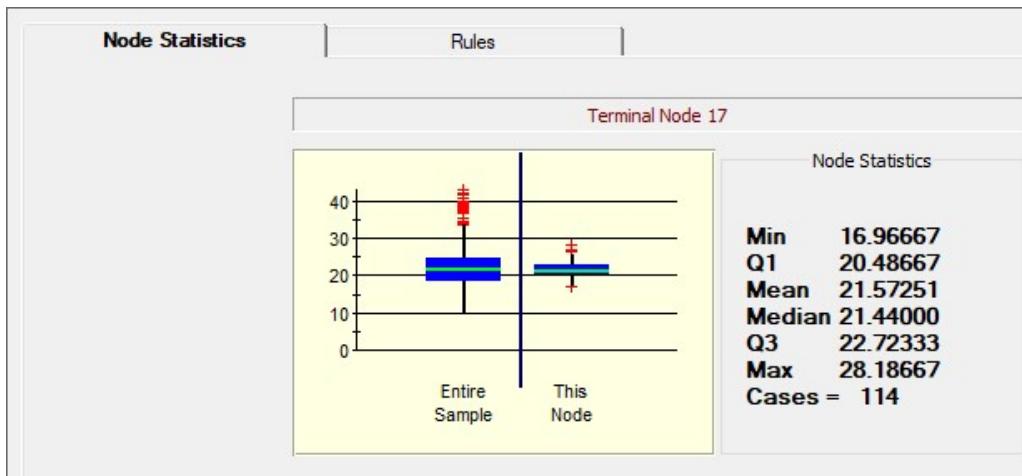


Un certain nombre de nœuds répondent à nos exigences d'un aplat moyen compris entre 15% et 22%



Node	Sum Learn	Avg Learn	Cum. Sum Learn	Cum. Avg Learn	N Learn
12	356.87	23.79	4,870.82	29.88	15
14	1,053.56	22.90	5,924.38	28.35	46
17	2,459.27	21.57	8,383.65	25.96	114
18	335.56	20.97	8,719.21	25.72	16
15	121.16	20.19	8,840.37	25.62	6
20	780.72	20.02	9,621.09	25.05	39
19	307.43	18.08	9,928.51	24.76	17
22	679.96	17.43	10,608.47	24.11	39
23	169.01	16.90	10,777.48	23.95	10
21	166.07	16.61	10,943.55	23.79	10

Règles pour les nœuds principaux



Node Statistics | Rules

```
/*Rules for terminal node 17*/
if (
  PRESSION_INTERMÉDIAIRE > 13.85000 &&
  VITESSE_INITIALE > 9.72500 &&
  VITESSE_INITIALE <= 14.40000
)
{
  terminalNode = -17;
  mean = 21.5725
}
```

Notation

Classic SQL

Conclusions

- ▶ Techniques employées dans un premier temps :
 - **Analyse de fiabilité** -> a fourni des preuves des problèmes «perçus» liés aux pannes
 - **Statistiques descriptives (Pareto)** avant de nous orienter vers des analyses plus poussées
 - **Régression** pour identifier les facteurs clés influençant les problèmes de qualité de l'élargissement point
- ▶ Elargissement point affecté par la vitesse et le type de papier
 - Type B -> aucun réglage de vitesse approprié n'a été identifié
 - Les imprimantes doivent accepter tous les types de papier
- ▶ Techniques employées dans un deuxième temps :
 - Arbre de classification et de régression, prédicteurs importants :
 - vitesse initiale
 - Viscosité
 - %Couverture, les imprimantes doivent tolérer une variété de %Couverture
 - Analyse CART excluant le %Couverture

