



Modélisation par simulation : la clé d'une MRO efficace, de la croissance des bénéfices et de la gestion des risques

*Recommandation basée sur la pratique :
optimisation du budget MRO pour une
croissance significative des bénéfices
dans l'industrie minière et métallurgique*

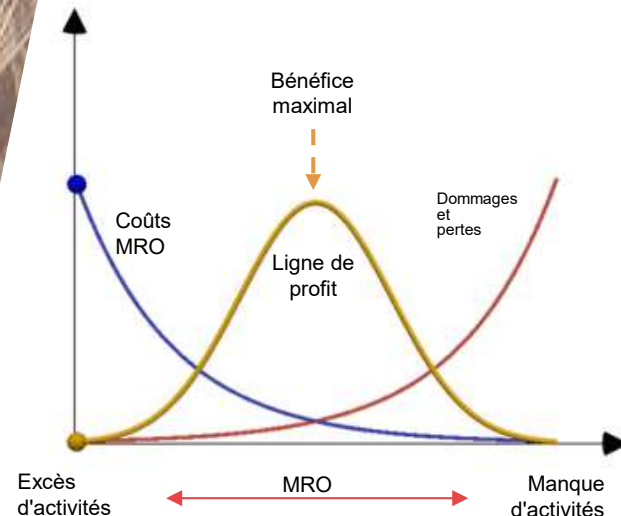
L'essence de la solution et sa valeur pour vous

Notre approche est une combinaison de deux outils puissants : la MS (Modèle de Simulation) pour une analyse approfondie des conséquences des risques et le MO (Modèle d'Optimisation) pour la sélection du portefeuille de maintenance le plus efficace.

La pratique dans l'industrie minière et métallurgique montre : l'approche permet de réduire les pertes d'EBITDA de ~3-5% et de réaffecter ~15-20% du budget MRO aux activités réellement critiques, en éliminant les dépenses inefficaces.

En conséquence, vous obtenez un plan MRO optimal et économiquement justifié, contribuant directement à la croissance des bénéfices de votre holding.

Démonstration du fonctionnement du modèle de recherche du plan MRO optimal



A vertical image on the left side of the slide showing industrial machinery, possibly a conveyor belt or a large structure, with a warm, orange-toned lighting.

Sommaire

01

Problématique

Pertes dues aux arrêts d'équipement, répartition inefficace du budget MRO et risques cachés.

02

Solution

Combinaison de la modélisation par simulation et de l'optimisation pour l'analyse des risques et le choix des maintenances les plus rentables.

03

Cas pratique

Implémentation du système dans l'industrie minière et métallurgique : réduction des pertes d'EBITDA de 3 à 5 %, réaffectation de 15 à 20 % du budget aux maintenances critiques.

04

Contacts

Vous souhaitez implémenter une solution similaire ? Contactez-nous pour une consultation et le calcul de l'effet économique.

Points de perte connus en MRO

Ce à quoi vous avez probablement été confronté



Interconnexions de production complexes

la défaillance d'un élément affecte en cascade toute la chaîne.

Budget MRO limité

complexité du choix des maintenances les plus efficaces parmi des milliers de potentielles, afin de ne pas "brûler" l'argent.



Coût élevé des arrêts d'équipement critique

chaque heure peut coûter jusqu'à 300 000 \$ et entraîner des ruptures de plans.

Difficultés de priorisation

les décisions sont souvent basées sur l'expérience ou l'intuition, et non sur des données objectives concernant les risques et leur impact sur le bénéfice final.

Risques cachés et "goulets d'étranglement"

problèmes non évidents qui semblent minimes aujourd'hui et se transforment en pertes de millions demain.

Dégradation des méthodes de planification

Pourquoi les approches traditionnelles de la MRO ne donnent-elles souvent plus les résultats escomptés ?



Les approches traditionnelles ne parviennent pas à gérer la complexité croissante des productions et ne permettent pas de distribuer le budget de manière optimale pour maximiser les bénéfices.

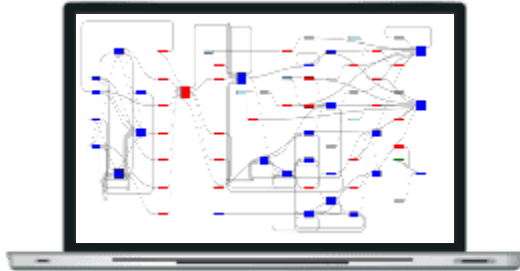
Notre solution

Synergie de la modélisation par simulation et de l'optimisation pour la MRO



Risques MRO

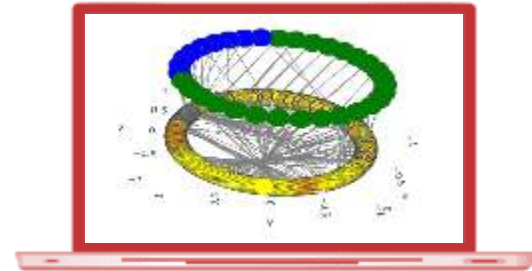
Modèle de Simulation



Analyse en profondeur le fonctionnement de votre système et détermine les **CONSÉQUENCES RÉELLES** de tout ensemble de risques.



Modèle d'Optimisation



Détermine le **PORTEFEUILLE OPTIMAL** d'activités MRO, offrant le meilleur effet économique dans le cadre du budget.



Résultat:

un plan MRO justifié et optimal, contribuant directement à la **MAXIMISATION DES BÉNÉFICES** et une compréhension claire des risques résiduels

Capacités clés du MS

Analyse approfondie des conséquences des risques à l'aide du MS (Modèle de Simulation)



Modélise le fonctionnement des chaînes de production complexes (stocks, flux, goulets d'étranglement) dans le temps



Calcule comment des défaillances, pannes ou réductions de capacité spécifiques affectent le bénéfice final (EBITDA) du holding.



Vérifie la logique de réponse aux incidents et l'efficacité de la reconfiguration des chaînes de production



Calcule la production finale et le résultat financier en cas de concrétisation réelle des risques.

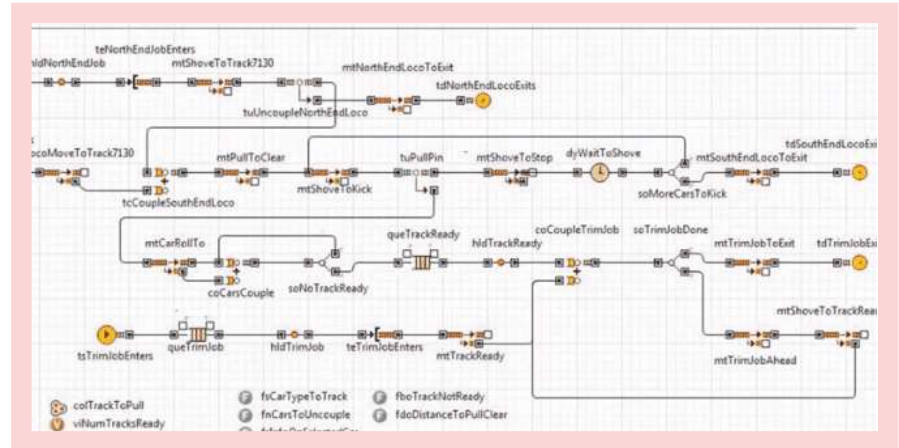


Objectif principal du Modèle de Simulation :

L'évaluation détaillée des pertes d'EBITDA potentielles dues à la réalisation des risques permet de CLASSER de manière JUSTIFIÉE les activités MRO selon leur efficacité économique.

Important :

Le MS n'est pas conçu pour parcourir toutes les combinaisons possibles de risques et d'activités afin de trouver l'optimum global en matière de budget (c'est la tâche du MO).



Capacités clés du MO

Sélection des maintenances les plus rentables à l'aide du MO (Modèle d'Optimisation)



Sélectionne les activités MRO dans les limites définies, où le dommage évité (sur la période) DÉPASSE les coûts de MRO (les autres ne sont pas recommandées).



Lors du classement des activités, il prend en compte le risque résiduel en tenant compte de l'adaptation compensatoire des plans de production et de la chaîne d'approvisionnement.



Modélise comment la production peut être adaptée de manière optimale lors de la réalisation des risques sélectionnés (maintenances/défaillances), afin d'utiliser au maximum les capacités et les stocks restants.



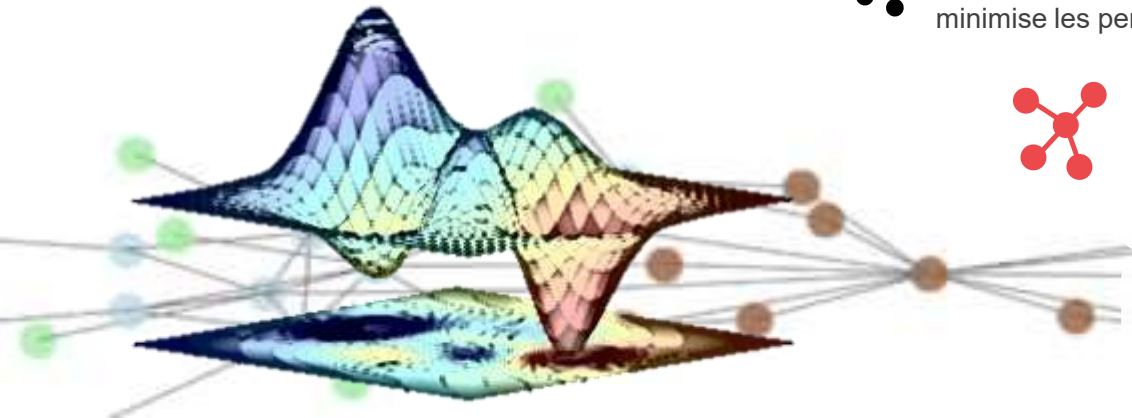
En tenant compte de toutes les combinaisons possibles d'activités, il sélectionne le MEILLEUR PORTEFEUILLE qui maximise les bénéfices (ou minimise les pertes).



Objectif principal du Modèle d'Optimisation :
Constituer un portefeuille d'activités MRO qui assure le MEILLEUR RÉSULTAT FINANCIER pour l'entreprise dans les limites budgétaires définies.

Important :

Le MO calcule de manière discrète au niveau agrégé (année/mois), sans processus continu, en se concentrant sur le choix STRATÉGIQUE.

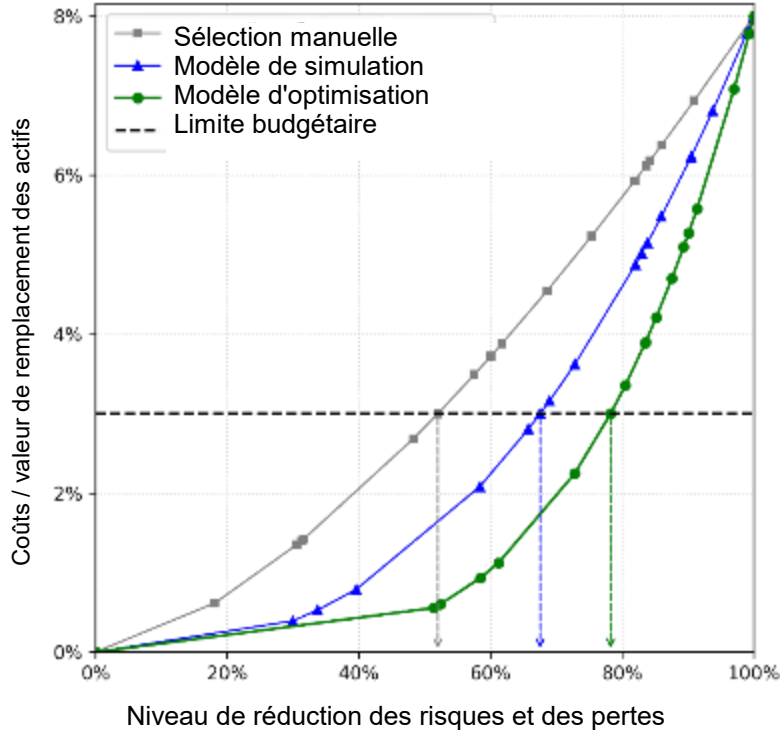


Deux approches – un résultat commun

Profondeur de l'analyse (MS) et optimalité des décisions (MO)



Efficacité de la sélection des risques et des activités



Comparaison des approches

Critère	MS	MO
	Analyste Approfondi	Gestionnaire de Portefeuille
Fonction principale	Analyse des scénarios spécifiques ("Que se passe-t-il si ?"). Évalue précisément l'impact sur l'EBITDA	Compare IMMÉDIATEMENT toutes les activités MRO chargées. Sélectionne l'ensemble optimal de mesures selon le principe "coûts vs effet sur l'EBITDA" dans le cadre du budget.
Prise en compte des détails	Prend en compte la dynamique de production (goulets d'étranglement, stocks).	Travaille avec des données agrégées, en se concentrant sur l'efficacité économique.
Résultat pour la MRO	Insights approfondis sur les risques et leurs conséquences réelles.	Portefeuille optimal d'activités MRO.

Synergie des approches : La combinaison MS et MO assure des décisions équilibrées (sans surestimation/sous-estimation des risques) et un bénéfice maximal grâce à une allocation précise des ressources MRO.

Justification des coûts MRO

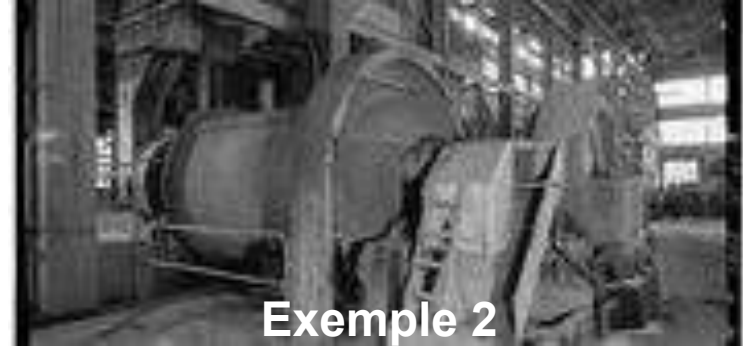
Exemple d'analyse par le modèle



Exemple 1

Voie ferrée #121

- Coûts MRO : 30 000 u.m.
- Dommage évité (Risque-Bénéfice) : 200 000 u.m.
- Décision du modèle : PAYER (Économiquement justifié)



Exemple 2

Broyeur à boulets #97

- Coûts MRO : 100 000 u.m.
- Dommage évité (Risque-Bénéfice) : 0 u.m.
- Décision du modèle : NE PAS PAYER (Économiquement non justifié)

Conclusion:

Le modèle permet d'évaluer objectivement la pertinence de chaque activité MRO, en dirigeant les investissements vers celles qui sont réellement rentables et en évitant les dépenses inefficaces.

Combien coûte un arrêt ?

Prise en compte complète des facteurs par le modèle



Facteurs traditionnellement pris en compte

1. Coûts directs de maintenance (pièces de rechange, coûts de main-d'œuvre) :
2. Production perdue de l'unité (selon la capacité nominale).
3. Calcul simplifié du revenu perdu (au prix moyen/planifié).
4. Pénalités directes pour rupture de livraison.
5. Salaires du personnel pendant l'arrêt.

6. Réduction de la production de l'ensemble du système (y compris tampons et flux) :
7. Calcul dynamique de la marge perdue (prix actuel, coût variable).
8. Effet "domino" (arrêts de sections adjacentes, transport).
9. Efficacité des tampons et réserves (atténuation réelle des conséquences).
10. Majorations pour urgence (maintenances d'urgence, logistique).
11. Impact du moment de l'arrêt (conditions de marché, état des stocks).
12. Coût des alternatives (par exemple, achat externe).

Facteurs supplémentaires pris en compte par le modèle

Le modèle assure un calcul complet et précis du coût des arrêts, en tenant compte de tous les facteurs directs et indirects.



CAS PRATIQUE

Optimisation de la MRO dans une grande entreprise minière et métallurgique

Examinons ensuite la mise en œuvre de l'approche et les résultats obtenus à travers un exemple concret.



Cas du secteur minier et métallurgique

Transformation de la MRO en centre de profit par la gestion proactive des risques



Client *

- Leader mondial de la production de métaux précieux.
- Structure complexe verticalement intégrée (dix actifs).
- Actifs situés dans des conditions naturelles difficiles (coûts logistiques élevés, exigences de fiabilité accrues).

Situation initiale:

- Coût élevé des arrêts d'équipement critique.
- Budget MRO significatif (centaines de millions de \$), complexité de son allocation optimale.
- Une partie des actifs présente une usure élevée, entraînant des défaillances imprévisibles.
- Difficultés à évaluer objectivement l'impact d'une maintenance spécifique sur le bénéfice global du holding.

Objectifs du projet:

- Maximiser l'EBITDA en réduisant les pertes dues aux arrêts.
- Optimiser le budget MRO en se concentrant sur les risques critiques.
- Accroître la transparence et la justification des décisions MRO.
- Passer à une gestion proactive des risques MRO.

* La divulgation des informations client est interdite par NDA

Réalisation du projet

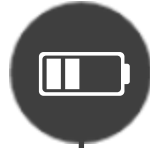
Création d'un système unifié d'analyse et d'optimisation de la MRO



Collecte et consolidation des données

Registre des équipements, schémas techniques, normes ; historique des défaillances ; coût des maintenances ; données sur les stocks ; plans et paramètres de production.

2021



Construction du Modèle de Simulation

Création du jumeau numérique des chaînes de production clés ; configuration de la logique des défaillances, des maintenances, des tampons ; chargement de la liste des activités MRO.

2022



Intégration et pilotage

Lancement sur un site pilote ; calibration des modèles, formation des utilisateurs ; extension aux actifs clés du holding.

2024



Configuration et implémentation du Modèle d'Optimisation

Exploitation industrielle du MS. Configuration du modèle mathématique. Analyse des résultats.

2025

EXEMPLES D'ANALYSE

Comment les modèles ont aidé à prendre des décisions

Analyse du risque de défaillance d'une sous-station :

Le modèle de simulation a révélé non seulement les pertes directes, mais aussi un effet en cascade (surchargement de l'entrepôt, manque de semi-produit), montrant un dommage réel 13% plus élevé que celui précédemment estimé

Insight:

Les niveaux de stocks cibles ont été ajustés pour réduire les interruptions dans la chaîne.

Élaboration du plan MRO annuel, budget de 800 millions \$

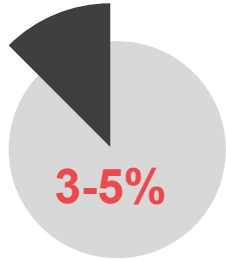
- 1) Au cours de l'analyse, environ 15 000 activités de maintenance, réparation et opérations (MRO) proposées, d'une valeur totale de 3 milliards de dollars, ont été examinées.
- 2) Pour chaque activité, le rapport entre les coûts et l'effet attendu a été calculé.
- 3) En conséquence, un portefeuille optimal d'environ 3 800 activités a été formé, qui respecte le budget et assure la réduction maximale des risques de pertes d'EBITDA.

Insight clé :

environ 35 % des activités du plan MPP initial (travaux de maintenance préventive planifiée) avaient un retour sur investissement (ROI) faible ou négatif. Les demandes pour ces activités ont été transférées au plan de réponse de réserve.

Résultats mesurables

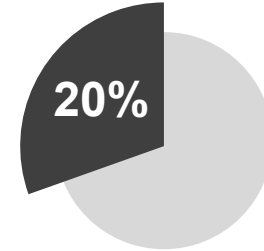
Optimisation de la MRO comme Centre de profit



Réduction
des pertes
de bénéfices



Réaffectation
des budgets



Réduction des pertes de bénéfices

- Réduction prévue des pertes de bénéfices dues aux arrêts d'équipement de ~3-5 % (équivalent à des dizaines de millions de dollars par an pour le holding).

Efficacité budgétaire

- Réaffectation de ~15-20% du budget MRO des activités à faible efficacité vers des activités critiques.
- Augmentation du retour sur investissement (ROI) du budget MRO.
- Dans certains cas – réduction du budget global tout en maintenant ou même en augmentant le niveau de fiabilité des actifs clés.

Transparence et objectivité

- Justification économique solide de chaque poste de dépense MRO.
- Approche unifiée de la priorisation des maintenances sur tous les actifs du holding.

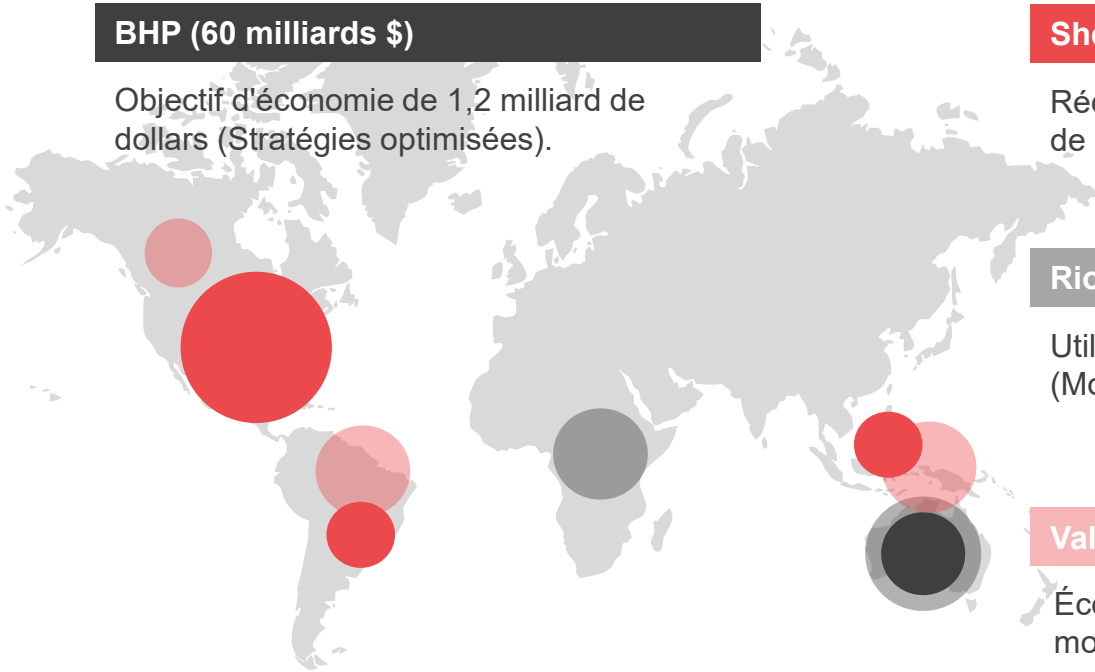
Expérience mondiale

L'optimisation de la MRO dans les grandes entreprises confirme l'efficacité de l'approche



BHP (60 milliards \$)

Objectif d'économie de 1,2 milliard de dollars (Stratégies optimisées).



Shell (380 milliards \$)

Réduction des arrêts de 10-20%, des coûts de 15% (IA/ML, modèles de simulation)

Rio Tinto (55 milliards \$)

Utilisation des équipements +5-15% (Modèles prédictifs et d'optimisation)

Vale (40 milliards \$)

Économie de 7,8 millions de dollars en 18 mois (Modèles prédictifs, EAM/APM)

Les références aux modèles sont des composants ou des analogues de l'approche intégrée MS+MO présentée précédemment.



Dubaï



Limassol



Minsk



L'équipe d'ingénieurs
de la solution MRO la plus
avancée est prête à
répondre à vos questions
et à discuter des détails
Site web [MRO.Best](https://mro.best)
Demandes de contact :
Email mail@mro.best
Telegram [@mrobestbot](https://t.me/mrobestbot)

English International Version

Simulation Modeling: Key to Effective MRO, Profit Growth, and Manageable Risks

*Practice-Based Recommendation:
Optimizing MRO Budget for Tangible
Profit Growth in the Mining and
Metallurgy Industry*

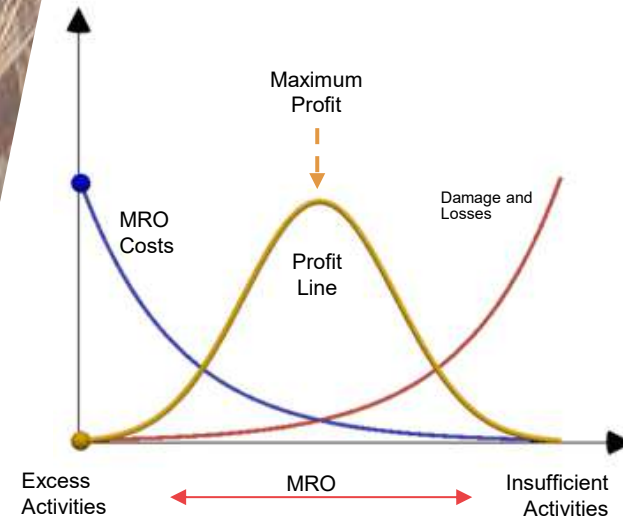
The Essence of the Solution and Its Value to You

Our approach is a combination of two powerful tools: SM (Simulation Model) for in-depth analysis of risk consequences and OM (Optimization Model) for selecting the most effective portfolio of repairs.

Practice at the MMC shows: the approach allows for reducing EBITDA losses by ~3-5% and reallocating ~15-20% of the MRO budget to truly critical activities, eliminating inefficient spending.

As a result, you get an economically justified, optimal MRO plan that directly contributes to your holding's profit growth.

Demonstration of the model's operation for finding the optimal MRO plan





Contents

01

Problem Statement

Losses due to equipment downtime, inefficient MRO budget allocation, and hidden risks.

02

Solution

Combination of simulation and optimization modeling for risk analysis and selection of the most profitable repairs.

03

Case Study

System implementation at the MMC: 3–5% reduction in EBITDA losses, reallocation of 15–20% of the budget to critical repairs.

04

Contacts

Want to implement a similar solution? Contact us for a consultation and economic effect calculation.

Known MRO Loss Points

What You've Likely Encountered

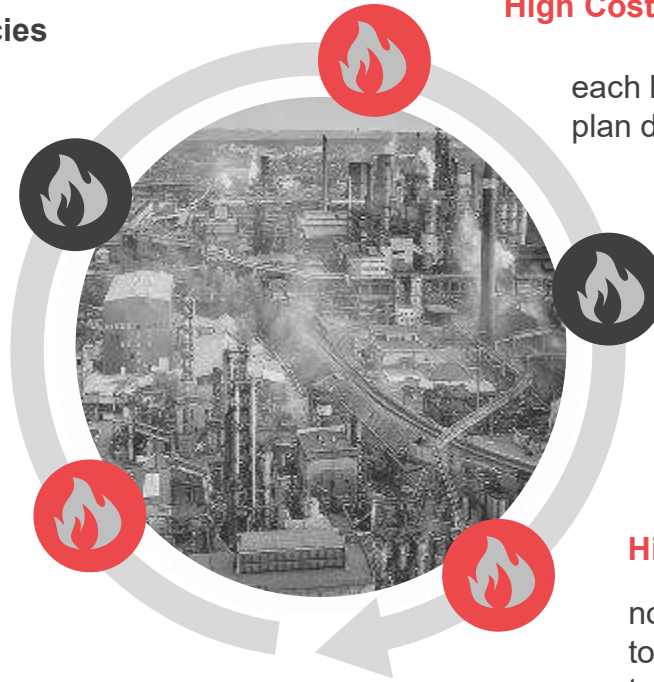


Complex Production Interdependencies

failure of one element cascades throughout the entire chain.

Limited MRO Budget

difficulty in selecting the most effective repairs from thousands of potential ones, to avoid 'burning through' money.



High Cost of Critical Equipment Downtime

each hour can cost up to \$300K and lead to plan disruptions.

Prioritization Difficulties

decisions are often based on experience or intuition, not on objective data about risks and their impact on final profit.

Hidden Risks and 'Bottlenecks'

non-obvious problems that seem minor today but turn into millions in losses tomorrow.

Degradation of Planning Methods

Why Traditional MRO Approaches Often No Longer Yield the Desired Results?



Traditional approaches cannot cope with the growing complexity of production and do not allow for optimal budget allocation to maximize profit.

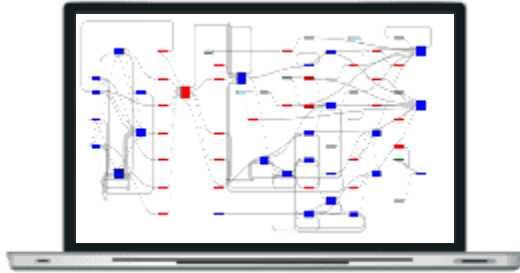
Our Solution

Synergy of Simulation and Optimization Modeling for MRO



MRO Risks

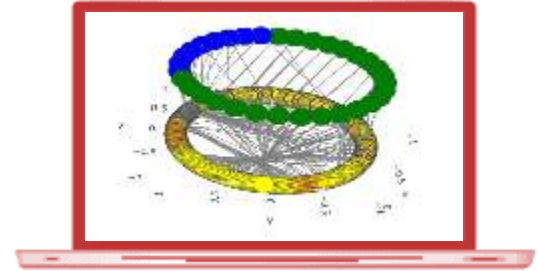
Simulation Model



Deeply analyzes your system's operation and identifies the REAL CONSEQUENCES of any set of risks.



Optimization Model



Determines the OPTIMAL PORTFOLIO of MRO activities that yields the best economic effect within the budget.



Result:

a justified, optimal MRO plan that directly contributes to PROFIT MAXIMIZATION and a clear understanding of residual risks

Key SM Capabilities

In-depth analysis of risk consequences using SM (Simulation Model)



Models the operation of complex production chains (inventories, flows, bottlenecks) over time



Calculates how specific failures, breakdowns, or capacity reductions affect the holding's final profit (EBITDA).



Verifies the logic of emergency response and the effectiveness of reconfiguring production chains



Calculates final product output and financial results when risks actually materialize.

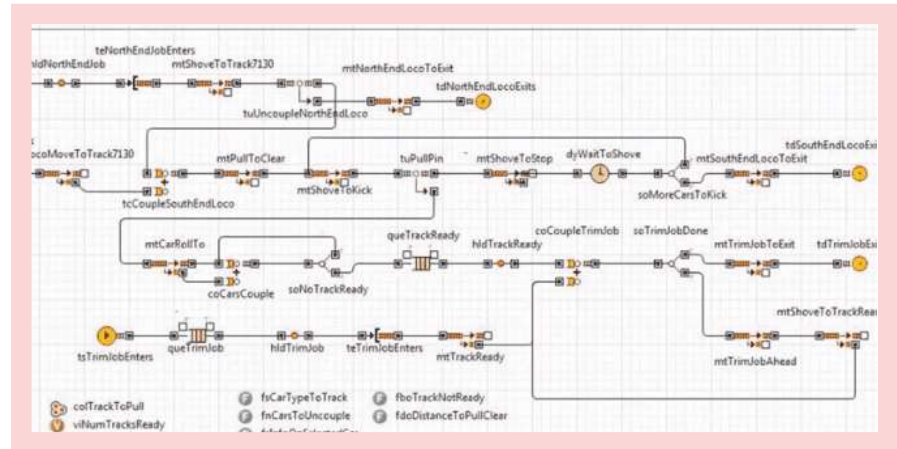


Main task of the Simulation Model:

Detailed assessment of potential EBITDA losses from risk realization allows for RATIONALLY RANKING MRO activities by their economic effectiveness.

Important:

SM is not intended for iterating through all possible combinations of risks and activities to find a global optimum within the budget (this is OM's task).



Key OM Capabilities

Selecting the most profitable repairs using OM (Optimization Model)



Selects MRO activities within specified limits where the preventable damage (per period) EXCEEDS MRO costs (others are not recommended for execution).



Models how production can be optimally adapted when selected risks (repairs/failures) materialize, to maximize the use of remaining capacities and inventories.



When ranking activities, it considers residual risk, factoring in compensatory adaptation of production plans and the supply chain.



Considering all possible combinations of activities, it selects the BEST PORTFOLIO that maximizes profit (or minimizes losses).

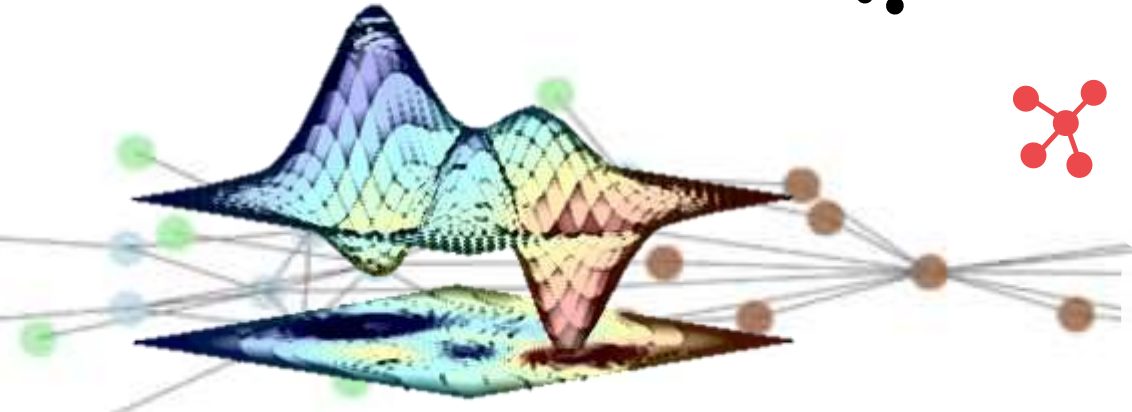


Main task of the Optimization Model:

To form an MRO activity portfolio that ensures the BEST FINANCIAL OUTCOME for the company under given budget constraints.

Important:

OM calculates discretely at an aggregated level (year/month), without a continuous process, focusing on STRATEGIC selection.

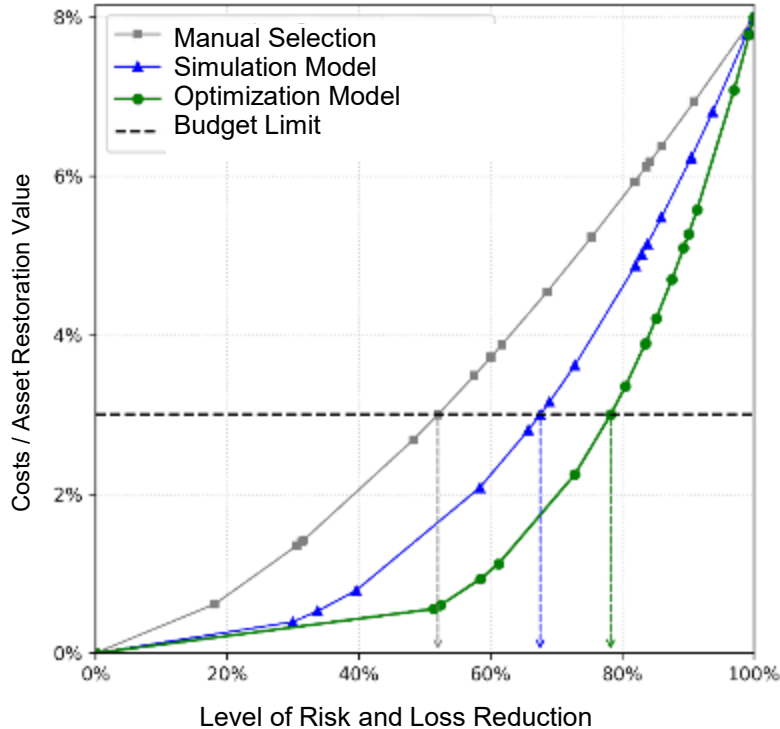


Two Approaches – One Result

Depth of analysis (SM) and optimality of solutions (OM)



Effectiveness of Risk and Activity Selection



Demonstration Example

Comparison of Approaches

Criterion	SM Deep-Dive Analyst	OM Portfolio Manager
Primary Function	Analyzes specific scenarios ("What if?"). Accurately assesses impact on EBITDA	Compares ALL loaded MRO activities simultaneously. Selects the optimal set of measures based on "cost vs. EBITDA effect" within the budget.
Detail Consideration	Considers production dynamics (bottlenecks, inventories).	Works with aggregated data, focusing on economic efficiency.
Result for MRO	Deep insights into risks and their real consequences.	Optimal MRO activity portfolio.

Synergy of Approaches: The combination of SM and OM ensures balanced decisions (without overestimating/underestimating risks) and maximum profit through precise MRO resource allocation.

Justification of MRO Costs

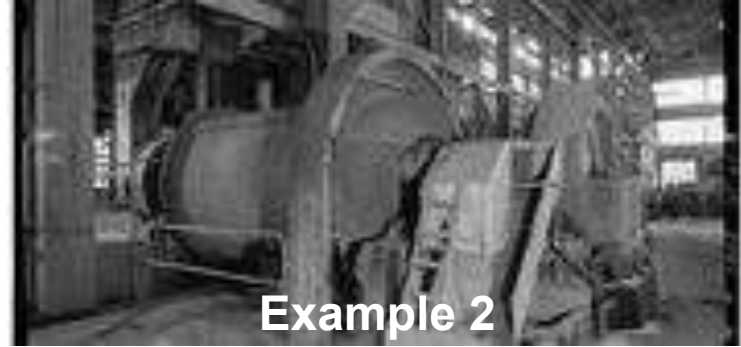
Model Analysis Example



Example 1

Railway Track #121

- MRO Costs: 30,000 monetary units
- Preventable Damage (Risk-Profit): 200,000 monetary units
- Model Decision: APPROVE (Economically viable)



Example 2

Ball Mill #97

- MRO Costs: 100,000 monetary units
- Preventable Damage (Risk-Profit): 0 monetary units
- Model Decision: REJECT (Economically unviable)

Conclusion:

The model allows for objective assessment of the viability of each MRO activity, directing investments towards truly profitable ones and preventing inefficient spending.

What Does Downtime Cost?

Comprehensive Factor Accounting by the Model



Traditionally Considered Factors

1. Direct repair costs (spare parts, labor costs):
2. Lost unit output (at nominal capacity).
3. Simplified calculation of lost revenue (at average/planned price).
4. Direct penalties for supply disruptions.
5. Personnel salaries during downtime.

6. Reduction in total system output (considering buffers and flows):
7. Dynamic calculation of lost margin (current price, variable cost).
8. "Domino effect" (downtime of adjacent sections, transport).
9. Effectiveness of buffers and reserves (actual mitigation of consequences).
10. Urgency surcharges (emergency repairs, logistics).
11. Impact of downtime timing (market conditions, inventory status).
12. Cost of alternatives (e.g., external procurement).

Factors additionally considered by the model

The model provides a comprehensive and accurate calculation of downtime cost, considering all direct and indirect factors.



PRACTICAL CASE STUDY

MRO Optimization in a Large Mining and Metallurgy Company

Next, let's examine the implementation of the approach and the results achieved with a specific example.



MMC Case Study

Transforming MRO into a Profit Center through Proactive Risk Management



Client *

- Global leader in precious metals production.
- Complex vertically integrated structure (ten assets).
- Assets located in harsh natural conditions (high logistics costs, increased reliability requirements).

Initial Situation:

- High cost of critical equipment downtime.
- Significant MRO budget (hundreds of millions of \$), complexity of its optimal allocation.
- Some assets have high wear and tear, leading to unpredictable failures.
- Difficulties in objectively assessing the impact of specific repairs on overall holding profitability.

Project Goals:

- Maximize EBITDA by reducing downtime losses.
- Optimize the MRO budget, focusing on critical risks.
- Increase transparency and justification of MRO decisions.
- Transition to proactive MRO risk management.

* Client information disclosure prohibited by NDA



Project Implementation

Creation of a Unified MRO Analysis and Optimization System



Data Collection and Consolidation

Equipment registry, technical schemes, standards; failure history; repair costs; inventory data; production plans and parameters.

2021



Building the Simulation Model

Creation of a digital twin for key production chains; configuration of failure logic, repairs, buffers; loading of the MRO activity list.

2022



Integration and Piloting

Launch in a pilot area; model calibration, user training; scaling to key holding assets.

2024



Setup and Implementation of the Optimization Model

Industrial operation of the SM. Mathematical model setup. Result analysis.

2025

ANALYSIS EXAMPLES

Analysis of Substation Failure Risk:

The Simulation Model revealed not only direct losses, but also a cascading effect (warehouse overflow, semi-product shortage), showing actual damage 13% higher than previously estimated.

Insight:

Target inventory levels were adjusted to reduce chain disruptions.

How Models Helped Make Decisions

Formation of the Annual MRO Plan, Budget \$800M

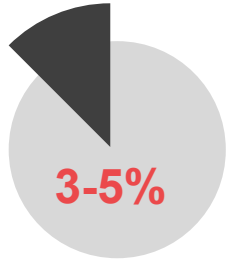
- 1) During the analysis, approximately 15,000 proposed maintenance and repair (MRO) activities with a total cost of \$3 billion were considered.
- 2) For each activity, the cost-to-expected-effect ratio was calculated.
- 3) As a result, an optimal portfolio of approximately 3,800 activities was formed, which fits within the budget and ensures maximum reduction of EBITDA loss risks.

Key Insight:

about 35% of activities from the initial PPM (Planned Preventive Maintenance) plan had low or negative Return on Investment (ROI). Requests for these activities were moved to the contingency response plan.

Measurable Results

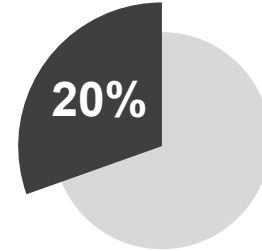
MRO Optimization as a Profit Center



Reduction
in Loss
of Profit



Budget
Reallocation



Reduction in Profit Losses

- Projected reduction in profit losses due to equipment downtime by ~3-5% (equivalent to tens of millions of \$ per year for the holding).

Budget Efficiency

- Reallocation of ~15-20% of the MRO budget from low-efficiency to critically important activities.
- Increased Return on Investment (ROI) in the MRO budget.
- In some cases – reduction of the overall budget while maintaining or even increasing the reliability level of key assets.

Transparency and Objectivity

- Strong economic justification for each MRO expenditure item.
- Unified approach to repair prioritization across all holding assets.

Global Experience

MRO Optimization in Large Companies Confirms the Approach's Effectiveness



BHP (\$60 billion)

Target savings of \$1.2 billion (Optimized strategies).

Shell (\$380 billion)

Downtime reduction by 10-20%, costs by 15% (AI/ML, simulation models)

Rio Tinto (\$55 billion)

Equipment utilization +5–15% (Predictive and optimization models)

Vale (\$40 billion)

Savings of \$7.8 million in 18 months (Predictive models, EAM/APM)

References to models are components or analogs of the comprehensive SM+OM approach presented earlier.



Dubai



Limassol



Minsk



Our team of engineers
for the most advanced MRO
solution is ready to answer
your questions
and discuss details
Website MRO.Best
Contact Inquiries:
Email mail@mro.best
Telegram [@mrobestbot](https://t.me/mrobestbot)