



DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

Planification écologique

Utilisation d'une planification et d'une programmation avancées pour minimiser l'empreinte carbone industrielle

Résumé

Cet livre blanc explore la planification écologique et la façon dont la mise en œuvre de techniques de planification et de programmation avancées (APS) réduit considérablement les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) pour les opérations de fabrication directe dans diverses industries. De plus, nous analysons un cas de problème de planification dans un environnement de production flow-shop de permutation (PFS) afin de minimiser les émissions totales de carbone et d'optimiser les performances de planification. Nous montrons également comment un algorithme peut contribuer à réduire l'empreinte carbone.

Enfin, nous présentons le logiciel Opcenter™ APS, la solution de Siemens Digital Industries Software pour la planification et la programmation des opérations de fabrication, et illustrons comment vous pouvez l'adopter pour mettre en œuvre cet algorithme et réduire sur le plan opérationnel l'empreinte carbone de votre installation de fabrication. Opcenter fait partie de la plateforme Siemens Xcelerator, qui comprend des logiciels, du matériel et des services.

Sommaire

Introduction	3
Passer de l'avidité à la verte attitude	4
Comprendre la planification écologique	4
Prendre des décisions de planification pour avoir un impact sur son empreinte carbone	5
Améliorer sa durabilité grâce à une collaboration au niveau de la chaîne d'approvisionnement	5
Réduire les défis que présente l'empreinte carbone et le rôle des solutions APS	7
Optimiser la production au profit de la durabilité avec l'APS	7
Optimiser l'utilisation et la production d'énergie grâce à des décisions basées sur les données	8
Utilisation des algorithmes multipasses NEH pour réduire son empreinte carbone	9
Application dans un atelier de fabrication de pièces	10
Tirer parti d'Opcenter APS comme solution	12
Conclusion	13

Introduction

Dans le paysage mondial actuel, la durabilité est essentielle. Les effets de plus en plus graves du changement climatique ont souligné le besoin urgent pour les entreprises d'adopter des pratiques respectueuses de l'environnement.

Ces dernières années, la prise de conscience du réchauffement de la planète et du changement climatique s'est accrue, mettant en évidence le besoin urgent de réduire les émissions de carbone dans divers secteurs. Parmi ceux-ci, le secteur industriel se distingue par sa contribution substantielle à la consommation mondiale d'énergie et aux émissions de carbone. Par conséquent, les entreprises manufacturières sont confrontées à une pression croissante pour adopter des pratiques durables et réduire leur empreinte carbone.

En réponse, les organisations et les gouvernements ont lancé de nombreuses initiatives pour définir et promouvoir les bonnes pratiques en matière de réduction des émissions et d'atteinte des objectifs de neutralité carbone. Il s'agit notamment d'initiatives visant à analyser les émissions de CO₂ des industries manufacturières et à créer l'infrastructure et la plateforme nécessaires pour rendre cela possible. Par exemple, Siemens contribue activement à l'initiative du Forum économique mondial intitulée

"Réduire l'empreinte carbone de l'industrie manufacturière grâce au partage de données".¹

Une autre initiative intéressante est le Carbon Footprint Catalog, qui est un document basé sur une enquête menée auprès de 145 entreprises, appartenant à 30 groupes industriels et à 28 pays, par divers auteurs et impliquant l'Université Columbia et le Carbon Disclosure Project (CDP). L'enquête a révélé que l'empreinte carbone des opérations directes, sans tenir compte des émissions en amont et en aval, peut atteindre jusqu'à 30 % dans certains secteurs.²

Plusieurs auteurs proposent des solutions APS dans les opérations de fabrication comme un moyen efficace d'améliorer le rendement de la fabrication, de réduire la consommation d'énergie et de limiter les émissions de CO₂.

En intégrant ces solutions dans leurs opérations, les entreprises manufacturières peuvent améliorer leur efficacité opérationnelle et faire des progrès significatifs vers une meilleure durabilité.





Passer de l'avidité à la verte attitude

Auparavant, lorsque la réduction des coûts était la principale préoccupation des entreprises, le terme planification avide était populaire pour indiquer une approche de planification et de programmation visant à minimiser les coûts. Cependant, de nos jours, la planification écologique suggère une nouvelle approche pour intégrer les considérations de durabilité dans la planification de la production.

La durabilité n'est plus une option mais une nécessité dans le paysage mondial actuel. Les entreprises, particulièrement dans le secteur industriel, doivent prendre des mesures proactives pour réduire leurs émissions de carbone et adopter des pratiques respectueuses de l'environnement. Les solutions APS peuvent jouer un rôle déterminant dans cet effort, en aidant les entreprises à réduire leur empreinte carbone et à contribuer à un avenir durable.

Comprendre la planification écologique

La planification écologique représente un changement de paradigme concernant les méthodologies traditionnelles de planification et programmation, encapsulant la fusion des principes de durabilité et des impératifs opérationnels. La planification écologique incarne essentiellement une approche holistique de l'optimisation des ressources, en recherchant une efficacité et une performance qui s'harmonisent avec la nécessité de réduire l'empreinte énergétique et l'empreinte carbone. Il est crucial de comprendre que la consommation d'énergie dans l'industrie manufacturière se traduit directement par des émissions de CO₂.

Au cœur de ce concept se trouve la reconnaissance que la gestion de l'environnement n'a pas à être en contradiction avec la viabilité économique.

Au contraire, les entreprises peuvent l'intégrer sans accroc dans leurs infrastructures opérationnelles existantes pour générer des avantages qui se renforcent mutuellement. En optimisant l'allocation des ressources, les calendriers de production et la logistique dans le prisme de la durabilité, les organisations peuvent atteindre un équilibre parfait entre les mesures de réduction des coûts et la préservation de l'environnement. Cela implique une compréhension nuancée de l'interconnexion entre les décisions opérationnelles et leurs répercussions environnementales, où chaque choix de planification devient une opportunité de minimiser la consommation énergétique et de réduire les émissions de CO₂.

Concrètement, la planification écologique implique de réévaluer les paramètres traditionnels de l'efficacité opérationnelle pour y inclure des indicateurs de performances environnementales. Plutôt que de se concentrer uniquement sur l'optimisation du débit ou la minimisation du temps d'inactivité, les algorithmes de planification dans le cadre du paradigme de planification écologique donnent la priorité aux processus de production économes en énergie et aux objectifs de réduction des émissions. Cela nécessite d'intégrer une analyse des données en temps réel et une modélisation prédictive pour anticiper les tâches énergivores et optimiser leur planification en conséquence. De plus, la planification écologique met l'accent sur l'importance de synchroniser les

calendriers de production avec la disponibilité de l'énergie renouvelable, de tirer parti des périodes de pic dans la production d'énergie renouvelable pour alimenter les opérations de fabrication et d'atténuer la dépendance à l'égard des sources d'énergie à fortes émissions de carbone.

Prendre des décisions de planification pour avoir un impact sur son empreinte carbone

L'optimisation des calendriers de production influence directement la consommation d'énergie et, par conséquent, l'empreinte carbone. En voici quelques exemples :

- Optimiser les séquences de production : l'organisation des tâches de manière à minimiser les distances de commutation et de déplacement des machines réduit l'énergie nécessaire au fonctionnement de l'équipement
- Minimiser le temps d'inactivité : la réduction des périodes pendant lesquelles les machines ne fonctionnent pas activement réduit la demande globale en énergie
- Regrouper les tâches similaires : le regroupement des tâches nécessitant les mêmes ressources optimise la consommation d'énergie par rapport à la reconfiguration fréquente d'une machine

En mettant en œuvre ces pratiques de planification écologique, les organisations peuvent réduire considérablement leur impact environnemental.

Améliorer sa durabilité grâce à une collaboration au niveau de la chaîne d'approvisionnement

La programmation écologique s'étend au-delà des limites des installations de production individuelles pour englober l'écosystème plus large de la chaîne d'approvisionnement. En optimisant leurs itinéraires de transport, leurs pratiques de gestion des stocks et leurs relations avec les fournisseurs, les organisations peuvent minimiser leur empreinte carbone associée à l'approvisionnement en matières premières et à la distribution de produits finis. Cette approche holistique nécessite une collaboration au-delà des frontières organisationnelles, favorisant les partenariats avec les fournisseurs et les prestataires logistiques engagés dans des pratiques durables. Grâce à des mécanismes de communication et de partage de données transparents, les parties prenantes peuvent identifier ensemble les opportunités de réduction des émissions tout au long de la chaîne d'approvisionnement, amplifiant ainsi l'impact des initiatives de planification écologique.

Par exemple, des calendriers de production synchronisés avec les livraisons des fournisseurs peuvent minimiser les distances de transport et la consommation de carburant. L'optimisation des niveaux de stock grâce à une prévision et à une planification collaboratives réduit également les émissions inutiles liées au transport et au stockage. La collaboration avec des fournisseurs engagés dans des pratiques durables crée un effet domino dans les



choix écologiques tout au long de la chaîne de valeur. L'exploitation de cette optique plus large de la planification écologique libère un potentiel important de réduction des émissions collectives de CO₂, favorisant ainsi un avenir durable pour l'industrie manufacturière comme pour d'autres domaines.

L'intégration de solutions logicielles APS dotées de fonctionnalités dédiées à l'optimisation environnementale est au cœur du succès des initiatives de planification écologique. Ces plateformes logicielles s'appuient sur des algorithmes sophistiqués et des capacités de simulation pour modéliser divers scénarios de planification et identifier le plan d'action le plus durable sur le plan environnemental. En simulant l'impact de divers calendriers de production concernant la consommation d'énergie et les émissions de CO₂, les organisations peuvent prendre des décisions éclairées qui établissent un équilibre optimal entre l'efficacité opérationnelle et la préservation de l'environnement. De plus, ces solutions logicielles favorisent une amélioration continue grâce à l'optimisation itérative, permettant aux organisations d'adapter leurs stratégies de planification en réponse à l'évolution de la dynamique du marché et aux exigences réglementaires. Ses avantages sont notamment les suivants :

- Planification, prévision et réapprovisionnement collaboratifs (CPFR) : mettre en place le CPFR avec les fournisseurs pour améliorer la précision des prévisions en termes de demande. Cela permet une planification plus efficace de la production, réduisant ainsi les besoins de stocks excédentaires et de transport
- Planification à plusieurs niveaux : étendre la planification au-delà des opérations internes pour prendre en compte les fournisseurs et les distributeurs. En regroupant les expéditions et en tirant profit du voyage retour des véhicules de transport, les entreprises peuvent réduire considérablement les émissions de transport

- Achats écologiques : intégrer les considérations environnementales dans la sélection des fournisseurs. S'associer à des fournisseurs qui privilégient l'efficacité énergétique et utilisent des matériaux durables
- Gestion des stocks juste-à-temps (JAT) : minimiser les stocks de matières premières et de produits finis. Cela réduit les besoins en espace de stockage et la consommation d'énergie pour l'entreposage et la réfrigération
- Emballages durables : concevoir et mettre en place des solutions d'emballage écologiques qui utilisent des matériaux recyclés et minimisent les déchets
- Gestion des produits en fin de vie (EoL) : intégrer des stratégies de reprise et de recyclage des produits dans le calendrier prolongé. En concevant des produits adaptés au démontage et au reconditionnement, les entreprises peuvent créer un système en boucle fermée qui minimise les déchets et leur impact environnemental

Dans l'ensemble, la planification écologique représente un changement de paradigme dans la façon dont les organisations abordent la planification et la programmation de la production, transcendant les mesures traditionnelles d'efficacité pour donner la priorité au développement durable.

En intégrant les principes de durabilité dans tous les aspects du processus de planification, les organisations peuvent :

- Atteindre un équilibre parfait entre les mesures de réduction des coûts et la réduction de leur empreinte carbone
- Débloquer de nouvelles opportunités d'excellence opérationnelle
- Contribuer à l'effort mondial de lutte contre le changement climatique



Réduire les défis que présente l'empreinte carbone et le rôle des solutions APS

En s'appuyant sur l'analyse prédictive et les algorithmes d'optimisation, l'utilisation des solutions APS permet aux organisations :

- D'optimiser les calendriers de production
- De rationaliser leur gestion des stocks
- De minimiser les émissions liées au transport

En s'appuyant sur une prévision précise de la demande et une analyse des données en temps réel, les systèmes APS permettent aux entreprises d'aligner leurs niveaux de production sur la demande du marché, réduisant ainsi la surproduction et les émissions de carbone associées. De plus, en intégrant des mesures de durabilité dans les processus de prise de décision, le logiciel APS fournit aux organisations des informations exploitables pour améliorer l'efficacité de leurs ressources et minimiser l'impact environnemental tout au long de la chaîne d'approvisionnement.

Optimiser la production au profit de la durabilité avec l'APS

L'un des principaux atouts des solutions APS réside dans leur capacité à faciliter l'adoption des principes de fabrication lean, axés sur la réduction des déchets et l'amélioration de l'efficacité opérationnelle. En identifiant les inefficacités et les goulots d'étranglement dans les processus de production, un logiciel APS permet aux organisations de rationaliser les flux de travail, de minimiser la consommation d'énergie et de réduire les émissions de CO₂. De plus, en optimisant les calendriers de production pour minimiser les temps d'arrêt et les capacités inutilisées, les solutions APS contribuent à une utilisation plus durable des ressources, réduisant ainsi l'empreinte carbone associée aux opérations de fabrication.

Un logiciel APS joue également un rôle crucial dans l'amélioration de la visibilité et de la résilience de la chaîne d'approvisionnement, qui sont primordiales pour réduire son empreinte carbone. En fournissant des informations en temps réel sur les niveaux de

stock, les capacités de production et la logistique de transport, les solutions APS permettent aux organisations de prendre des décisions éclairées qui optimisent l'utilisation des ressources et minimisent les émissions de carbone tout au long de la chaîne d'approvisionnement. En outre, en facilitant la collaboration et la communication entre les parties prenantes, un logiciel APS améliore l'agilité de la chaîne d'approvisionnement, permettant aux organisations de réagir rapidement aux conditions changeantes du marché tout en minimisant l'impact environnemental.

En fin de compte, ces solutions s'appuient sur l'analyse des données, les algorithmes d'optimisation et une visibilité en temps réel pour créer des calendriers de production et des opérations de la chaîne d'approvisionnement plus durables. En tenant compte des facteurs environnementaux en plus des contraintes de planification traditionnelles, ces solutions permettent aux organisations de prendre des décisions éclairées qui minimisent les émissions de CO₂. La planification de la production joue un rôle central dans la définition de l'empreinte carbone des opérations de fabrication. En optimisant la séquence et le calendrier des tâches de production, les algorithmes de planification peuvent minimiser la consommation d'énergie, le temps d'inactivité et les distances de transport, réduisant ainsi les émissions de carbone tout au long du processus de production.

Optimiser l'utilisation et la production d'énergie grâce à des décisions basées sur les données

Un autre avantage important des solutions APS réside dans leur capacité à faciliter l'adoption de sources d'énergie renouvelables et de pratiques de fabrication durables. En intégrant les prévisions de production d'énergie renouvelable et les données de consommation d'énergie dans les algorithmes de planification de la production, le logiciel APS aide les organisations à optimiser leur consommation d'énergie et à réduire leur dépendance envers les combustibles fossiles. Grâce à l'analyse de scénarios et aux simulations, les plateformes APS offrent aux organisations les outils nécessaires pour évaluer l'impact environnemental de différentes stratégies de production et identifier les opportunités d'adopter des technologies et des processus plus écologiques.

Malgré les nombreux défis liés à la réduction de l'empreinte carbone des opérations de fabrication et de la chaîne d'approvisionnement, les solutions

logicielles APS constituent un outil puissant pour surmonter ces obstacles et réaliser des avancées significatives en matière de durabilité. En fournissant aux entreprises les outils et les informations dont elles ont besoin pour optimiser les processus de production, minimiser les déchets et améliorer la visibilité de leur chaîne d'approvisionnement, les solutions APS leur permettent de réduire considérablement leurs émissions de carbone tout en gagnant en efficacité opérationnelle et en compétitivité. À une époque où l'exigence de pratiques commerciales durables ne cesse de croître, les logiciels APS joueront un rôle de plus en plus crucial dans la réduction de l'empreinte carbone, contribuant ainsi à façonner un avenir plus écologique et résilient pour les organisations du monde entier.

L'adoption de pratiques de planification écologique à l'aide des solutions logicielles APS offre de nombreux avantages qui vont bien au-delà des considérations environnementales. Si la réduction de l'empreinte carbone est sans aucun doute un aspect essentiel, les avantages de la planification écologique comprennent également des économies significatives, l'amélioration de l'efficacité opérationnelle et une meilleure réputation de la marque. L'adoption d'un système durable pour la planification des opérations permet aux organisations d'optimiser l'utilisation de leurs ressources, de minimiser les déchets et de réduire leurs coûts opérationnels. En alignant les calendriers de production sur la disponibilité de l'énergie renouvelable et les heures creuses, les entreprises peuvent tirer parti de tarifs d'électricité plus bas, et réduire ainsi les dépenses énergétiques tout en améliorant leur rentabilité. De plus, la planification écologique permet aux organisations de rationaliser leurs opérations de logistique et de transport, ce qui entraîne une réduction de la consommation de carburant et des coûts associés. Au-delà des gains financiers, la planification écologique favorise l'efficacité opérationnelle en optimisant les flux de production, en réduisant la capacité inutilisée et en minimisant les temps d'arrêt. En tirant parti de l'analyse prédictive et des algorithmes d'optimisation, un logiciel APS permet aux organisations de prendre des décisions fondées sur les données et qui maximisent la productivité tout en minimisant l'impact environnemental.

De plus, en améliorant la visibilité et la résilience de la chaîne d'approvisionnement, la planification écologique permet aux organisations d'atténuer les risques associés aux perturbations et aux fluctuations de la demande, améliorant ainsi leurs performances opérationnelles globales. En outre, la priorité accordée à la durabilité dans la planification des opérations améliore la réputation de la marque et favorise la fidélité des clients. Dans un marché de plus en plus soucieux de l'environnement, les consommateurs recherchent activement des entreprises qui font preuve d'engagement dans leur gestion de l'environnement. En mettant en avant des pratiques et des initiatives durables, les organisations peuvent se différencier de leurs concurrents, attirer des consommateurs soucieux de l'environnement et se construire une image de marque positive. En investissant dans la planification écologique, les entreprises font preuve de responsabilité sociale et s'alignent sur les valeurs des parties prenantes, y compris les investisseurs, les employés et les communautés. À mesure que la sensibilisation du public aux enjeux environnementaux s'intensifie, les organisations qui intègrent des pratiques de planification écologique non seulement favorisent une planète plus saine, mais se préparent également à prospérer à long terme dans un environnement commercial en constante évolution.

Utilisation des algorithmes multipasses NEH pour réduire son empreinte carbone

Au cours des dernières années, la quête de pratiques de fabrication durables a conduit les chercheurs à explorer des approches innovantes pour réduire les émissions de carbone des opérations de fabrication. L'un de leurs domaines prioritaires est l'optimisation de la planification de la production, en particulier dans les environnements PFS où le séquençage des opérations joue un rôle central. Le problème de planification flexible des tâches est une variante du problème de planification optimale des tâches. Il s'agit d'un type de problème d'optimisation de la planification permettant d'allouer un ensemble de tâches à un ensemble de ressources sur un horizon temporel spécifique, ce qui est plus difficile que la planification traditionnelle des ateliers de fabrication.

Les méthodes traditionnelles de planification privilégient souvent l'efficacité et la minimisation des coûts, en négligeant les considérations environnementales. Cependant, des recherches émergentes mettent en évidence le potentiel des algorithmes de planification avancés pour optimiser les calendriers de production tout en minimisant l'empreinte carbone générée.

Parmi ces algorithmes, l'algorithme de Nawaz, Enscore et Ham (NEH) s'est fait connaître pour son efficacité à résoudre le problème de planification des PFS tout en tenant compte des objectifs environnementaux.

Les principales caractéristiques d'un algorithme NEH sont qu'il effectue une planification heuristique avec une approche multipasse, ce qui signifie qu'il prend en compte différentes cibles d'optimisation à chaque passe.

La planification heuristique consiste à utiliser des règles empiriques ou des algorithmes pour prendre des décisions de planification rapides, souvent sans examiner toutes les options possibles de manière exhaustive. Ces méthodes privilégient l'efficacité plutôt que l'optimalité, visant à trouver des solutions satisfaisantes à des problèmes de planification complexes en s'appuyant sur des stratégies de prise de décision simplifiées basées sur l'expérience ou l'intuition.

La planification algorithmique NEH commence par un ensemble de tâches et leurs temps de traitement sur les machines. Le système commence par organiser les tâches en diminuant le temps de traitement total. Ensuite, il ajoute de manière itérative chaque tâche à la séquence pour minimiser son temps d'exécution. Il utilise une recherche locale pour améliorer la séquence davantage, en produisant un calendrier optimisé lorsqu'il ne peut plus apporter d'améliorations supplémentaires.

Les étapes suivantes résument le processus d'exécution de la planification :

1. Organiser les tâches d'une séquence d'entrée en fonction de leur temps de traitement total, en assurant un ordre décroissant.
2. Les deux premiers travaux de la séquence organisée sont planifiés de manière à minimiser la durée totale du travail.
3. Par conséquent, chaque tâche suivante, qui n'a pas encore été séquencée, est insérée dans la séquence en cours à une position qui réduit de manière optimale la durée totale des tâches planifiées. Ce processus d'insertion est répété jusqu'à ce que toutes les tâches soient séquencées.

Plusieurs études^{3,4} ont souligné l'efficacité de la variation de l'algorithme NEH pour améliorer les performances de planification en ce qui concerne la réduction des émissions de carbone. En hiérarchisant intelligemment les opérations de fabrication, un algorithme dérivé de NEH peut minimiser les temps d'inactivité, réduire la consommation d'énergie et optimiser l'utilisation des ressources, atténuant ainsi l'impact environnemental des processus de production.

Application dans un atelier de fabrication de pièces

Prenons l'exemple d'un atelier de fabrication de pièces spécialisé dans la production de composants de précision pour les moteurs automobiles. L'atelier exploite plusieurs centres d'usinage et doit planifier une série d'opérations d'usinage pour répondre aux commandes des clients tout en minimisant la consommation d'énergie et les émissions de carbone. L'objectif de cet exemple pratique est de minimiser les travaux en cours (WIP), c'est-à-dire tout stock entré dans le processus de fabrication qui ne fait plus partie de l'inventaire des matières premières mais qui n'est pas encore un produit fini. De plus, le système place les travaux en cours dans la catégorie des actifs

puisque l'entreprise y a consacré de l'argent. Cependant, comme le travail est incomplet, le WIP a une valeur inférieure. Ainsi, la réduction des encours de production est l'une des étapes les plus importantes pour atteindre la fabrication lean. En effet, elle conduit à un flux de travail plus fluide, une plus grande liquidité, un meilleur flux de trésorerie, un meilleur service client, une réduction des risques pour l'entreprise et une amélioration globale de la production d'une équipe.

À l'aide d'un algorithme multipasse, le responsable de la planification de l'atelier commence par saisir les caractéristiques des travaux, y compris les temps de traitement, les capacités de la machine et les contraintes environnementales.

Supposons que nous ayons quatre tâches identiques (J₁, J₂, J₃ et J₄), chacune composée de quatre opérations. Le tableau 1 indique les ressources qui peuvent traiter chaque opération.

Nous devons répartir ces opérations sur quatre machines (M₁, M₂, M₃ et M₄). Toutes les opérations doivent être traitées dans l'ordre. Pour simplifier, nous pouvons supposer qu'il n'y a pas de contraintes de temps, de sorte que tous les travaux peuvent démarrer à partir du premier événement dans le temps. Nous pouvons également supposer qu'il n'y a pas de contraintes de temps de latence et que les machines sont disponibles 24 h/24 et 7 j/7. Pour le processus de planification, nous nous sommes fixé pour objectif de minimiser le WIP et les émissions de CO₂.

TABLE I

Operation	Resource Group	Resources
O _{1j}	G ₁	{ M ₁ , M ₂ }
O _{2j}	G ₂	{ M ₂ }
O _{3j}	G ₃	{ M ₃ }
O _{4j}	G ₂	{ M ₂ , M ₄ }

Le schéma 1 montre le fonctionnement de l'algorithme. Le programmeur détermine une file d'attente de tâches, en tenant compte des émissions totales de CO₂ pour chacune d'elles. Si une tâche comprend des opérations qui peuvent s'exécuter sur plusieurs machines, l'ordonnanceur prendra en compte la combinaison émettant le moins de CO₂ pour chaque tâche.

Une fois la file d'attente générée, il sélectionne la première tâche, récupère toutes ses opérations et les affecte aux ressources disponibles. Ensuite, il recalcule la file d'attente prioritaire.

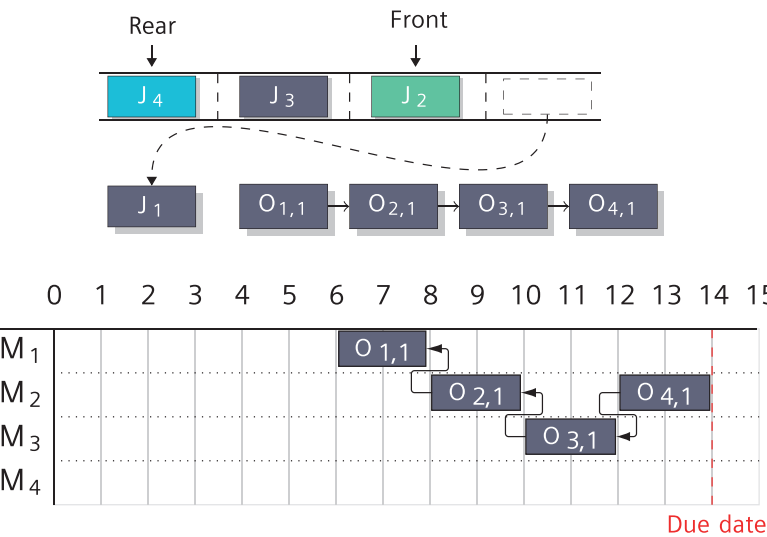


Schéma 1.

Le schéma 2 montre comment l'algorithme procède suite à la première tâche. Une fois qu'il a planifié toutes les opérations de la première tâche, l'algorithme de planification sélectionne la deuxième tâche en tête de la file d'attente prioritaire (J2), récupère toutes ses opérations (O1,2, O2,2, O3,2 et O4,2) et les affecte aux ressources disponibles.

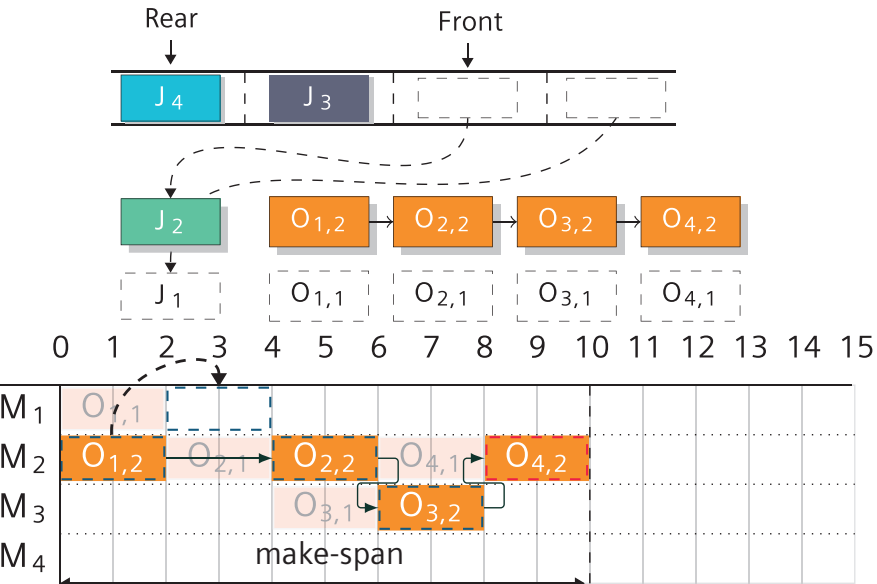


Schéma 2.

Une fois qu'il a attribué la dernière opération, $O_{4,2}$, de J_2 , à l'une de ses ressources, M_2 , l'algorithme réattribue les opérations ($O_{1,2}$, $O_{2,2}$ et $O_{3,2}$) à partir de l'heure de début de l'opération $O_{4,2}$, comme le montre le schéma 3. Comme nous pouvons le voir, l'algorithme du WIP ne replanifie pas les opérations $O_{2,2}$ et $O_{3,2}$ car il n'y a pas d'intervalle de temps entre ces opérations et la dernière opération, $O_{4,2}$. En revanche, l'algorithme déplace la première opération, $O_{1,2}$, de la ressource M_2 à la ressource M_1 . De plus, il retarde l'heure de début de deux unités de temps, de sorte que la nouvelle heure de début de la première opération sera à $t = 2$. Le schéma montre que ce processus minimise l'étendue de J_2 à la valeur optimale. En utilisant cette variante de l'algorithme NEH, l'atelier peut minimiser le WIP tout en gardant un œil sur les émissions de CO_2 , en élaborant un calendrier de production plus durable, en s'alignant sur les objectifs environnementaux et en répondant aux demandes des clients.

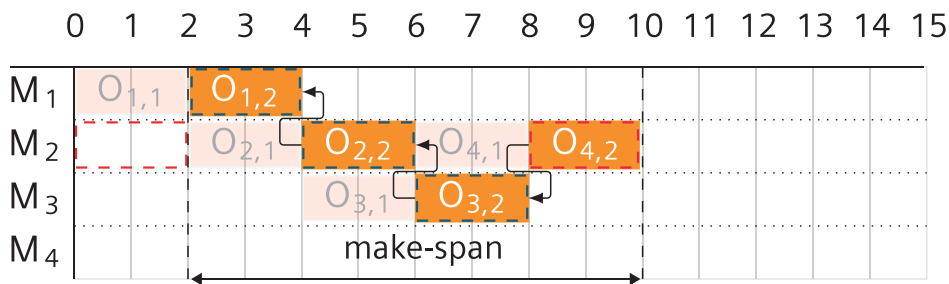


Schéma 3.

Tirer parti d'Opcenter APS comme solution

Une solution Siemens pour la planification de la production : Opcenter APS.

Opcenter APS est un outil puissant et flexible permettant de planifier les opérations de fabrication à l'aide de différents types d'approches de planification, notamment la planification algorithmique, la planification basée sur des règles et la planification basée sur des événements. Avec cette solution, vous pouvez implémenter des algorithmes heuristiques tels que la variante proposée de l'algorithme NEH. De plus, dans son modèle de planification, elle intègre toutes les données nécessaires à l'évaluation de l'empreinte énergétique et de l'empreinte carbone, ainsi que les coûts, le temps de configuration et d'autres contraintes pour les opérateurs, les outils, le matériel disponible, etc.

En mettant en place un algorithme NEH à l'aide d'Opcenter APS, vous pouvez hiérarchiser les opérations en tenant compte non seulement du temps de traitement mais aussi d'autres paramètres tels que le coût de production par machine et par opération, la consommation d'énergie, l'émission de CO_2 , etc. Chacun des paramètres inclus dans les données du modèle de planification peut être combiné à l'aide d'une règle de pondération spéciale qui additionne chaque paramètre en utilisant une valeur de pondération spécifique. Cette règle de pondération est utile pour affiner votre algorithme afin de trouver le compromis parfait entre divers facteurs, et donc de trouver l'équilibre qui vous convient entre durabilité et rentabilité.

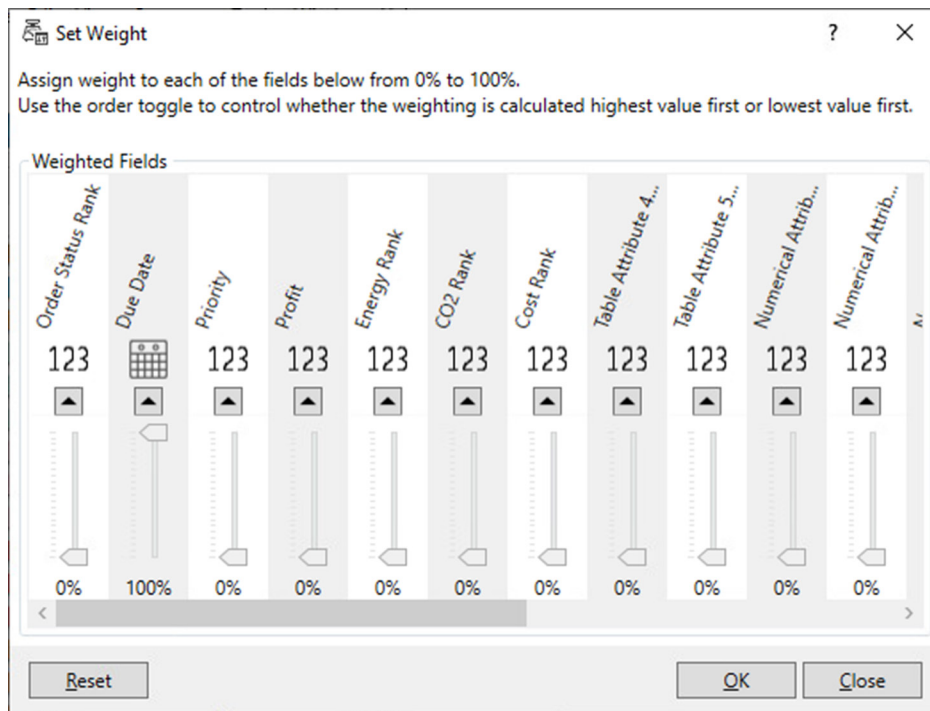


Schéma 4.

Conclusion

À une époque où la conscience écologique est primordiale, il est plus évident que jamais que les industries manufacturières doivent impérativement réduire leurs émissions de carbone. Comme le souligne ce livre blanc, l'efficacité des opérations de fabrication a un impact significatif sur l'empreinte carbone mondiale. C'est pourquoi des solutions innovantes sont nécessaires pour minimiser l'impact environnemental tout en optimisant les processus de production.

Le concept de planification écologique émerge comme une approche transformatrice, intégrant de manière fluide les considérations en termes de durabilité dans les stratégies de planification de la production et la gestion de la chaîne d'approvisionnement. En privilégiant l'efficacité énergétique, l'optimisation des ressources et la réduction des émissions, la planification écologique représente un changement de paradigme au profit d'un paysage manufacturier plus durable.

De nombreux auteurs ont proposé une approche heuristique, telle que la variation de l'algorithme NEH, comme moyen efficace de percevoir plusieurs objectifs, dont les émissions de CO₂, afin de trouver le bon équilibre entre durabilité et rentabilité.

Grâce aux capacités APS d'Opcenter, les organisations peuvent mettre en place des pratiques de planification écologiques efficacement. À l'aide d'algorithmes d'optimisation, d'un ensemble puissant d'algorithmes configurables qui prennent en compte toutes les données et contraintes pertinentes de vos installations et d'outils d'analyse de scénarios, les entreprises peuvent tirer parti d'Opcenter APS pour minimiser leur consommation d'énergie, réduire leurs émissions de carbone et favoriser l'excellence opérationnelle.

En outre, l'utilisation d'Opcenter APS facilite la collaboration et l'engagement des parties prenantes, favorisant ainsi une culture de durabilité d'un bout à l'autre de la chaîne d'approvisionnement. En fournissant des informations exploitables et en facilitant la prise de décision basée sur les données, l'exploitation d'Opcenter APS permet aux organisations d'obtenir des résultats tangibles dans leurs efforts de durabilité.

En conclusion, Opcenter APS n'est pas seulement une solution logicielle ; c'est un catalyseur de la transformation de la fabrication durable. En adoptant Opcenter APS, les organisations peuvent non seulement anticiper la transition vers un avenir plus écologique, mais aussi améliorer leur efficacité opérationnelle et renforcer leur compétitivité.

Références

1. Reducing the carbon footprint of the manufacturing industry through data sharing. Forum économique mondial (2022) <https://www.weforum.org/impact/carbon-footprint-manufacturing-industry/>
2. Meinrenken, C.J., Chen, D., Esparza, R.A., et al. The Carbon Catalogue, carbon footprints of 866 commercial products from 8 industry sectors and 5 continents. Sci Data 9, 87 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01178-9>
3. De Athayde Prata, B., Nagano, M.S., Martarelli Fróes, N.J., et al. The Seeds of the NEH Algorithm : An Overview Using Bibliometric Analysis.
4. Wan, Q. et Liu, J. (2023) Energy efficiency optimization and carbon emission reduction targets of resource-based cities based on BiLSTM-CNN-GAN model.

Siemens Digital Industries Software

Continent américain : 1 800 498 5351

Europe, Moyen-Orient, Afrique : 00 800 70 002 222

Asie-Pacifique : 001 800 03061910

D'autres numéros de téléphone sont disponibles [ici](#).

Siemens Digital Industries Software aide les organisations de toutes tailles dans leur transformation numérique en leur fournissant les logiciels, le matériel et les services de la plateforme Siemens Xcelerator. Les logiciels de Siemens et le jumeau numérique complet permettent aux entreprises d'optimiser leurs processus de conception, d'ingénierie et de fabrication, afin de transformer les idées d'aujourd'hui en produits durables de demain. Des puces aux systèmes complets, des produits aux processus, dans tous les secteurs, [Siemens Digital Industries Software](#) – Accelerating transformation.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2024 Siemens. Pour consulter la liste des marques déposées de Siemens, cliquez [ici](#). Les autres marques déposées sont la propriété de leurs titulaires respectifs.

86036-D4-FR 7/24 LOC