



Optimisation du recyclage des alliages d'aluminium

Résumé

Pour atteindre ses objectifs bas carbone, Constellium doit produire ses alliages d'aluminium en recyclant massivement des déchets métalliques. Il est temps de mettre de l'intelligence dans les décisions d'achat de chutes ; c'est pourquoi nous souhaitons développer une application d'aide à la décision. Elle sera basée sur une optimisation sous contraintes à partir des compositions chimiques des chutes disponibles sur le marché et des alliages à couler.

Technologies : [Python](#), [Streamlit](#), [SQLite](#), [PuLP](#), [OpenPyXL](#)

Contexte de l'entreprise

Les produits de Constellium sont un élément majeur de notre vie quotidienne, rendant le monde qui nous entoure plus léger, plus sûr et plus propre. L'aluminium, troisième élément le plus abondant de la planète, est un matériau vital pour le 21^e siècle, et Constellium est un leader dans sa transformation en solutions à valeur ajoutée. Nous recyclons des produits en aluminium avec une capacité de plus de 750 000 tonnes par an, soit l'équivalent de plus de 55 milliards de canettes.

Une grande partie de notre chiffre d'affaires provient du marché de l'emballage, et nous sommes un leader dans la production de tôles de canettes. Dans le secteur automobile, nos solutions avancées en aluminium aident les fabricants à produire des véhicules plus légers, plus sûrs et plus économes en carburant, ainsi que des véhicules électriques ayant une plus grande autonomie. Sur le marché de l'aérospatiale, nous offrons des produits et des services innovants et performants aux entreprises travaillant dans le domaine des avions commerciaux, des avions militaires et des programmes spatiaux.



Description détaillée

Les alliages d'aluminium sont définis par leur composition chimique exprimée en pourcentage massique pour chaque élément chimique, le complément étant de l'aluminium. On aura par exemple :

Elément	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
% masse	0,50	0,50	4,30	0,60	1,50	0,10	0,25	0,15

c'est-à-dire que l'alliage contient 4,3% de la masse en cuivre et que la teneur en aluminium est égale à 92,1% ($100 - (0,50 + 0,50 + 4,30 + 0,60 + 1,50 + 0,10 + 0,25 + 0,15)$).

Une usine de Constellium produit plusieurs alliages A, B, C..., chacun défini par sa composition chimique. Constellium a plusieurs usines qui produisent des alliages.

Pour fabriquer ces alliages, il faut mélanger des matières premières pour obtenir la bonne composition chimique. Deux choix s'offrent à nous :

1. Mélanger les éléments purs aluminium et métaux d'addition,
2. Mélanger des chutes métalliques qui sont déjà alliées en complétant avec des éléments purs.

L'objectif du projet est de fournir un outil permettant de comparer les deux options pour chaque alliage produit dans une usine en minimisant le coût, les émissions de carbone (CO₂) ou l'usage de métal neuf.

Données d'entrée :

1. liste d'usines avec les alliages produits dans chacune d'elles,
2. liste des matières premières pures avec leur prix et contenu en CO₂,
3. liste de chutes disponibles sur le marché avec leur prix et contenu en CO₂,
4. identification de l'usine pour laquelle on veut faire les calculs.

Les données 1. et 2. seront figées et stockées en base de données. Il est suggéré d'utiliser *SQLite 3*.

Données de sortie :

- pour chaque alliage produit dans l'usine sélectionnée, donner les 3 mélanges à faire pour minimiser le coût, le CO₂ ou le métal neuf (1 calcul par objectif) pour les 2 variantes (matières premières pures uniquement ou avec chutes à recycler), soit 6 calculs en tout.
- Les résultats seront triables par ordre croissant de chaque objectif.

L'outil devra avoir une interface web qui permettra d'entrer les données des chutes (composition chimique, coût et teneur en CO₂) manuellement ou de les récupérer à partir d'un fichier Excel ; dans ce cas, on pourra enchaîner les calculs pour plusieurs types de chutes (un par ligne du fichier Excel). L'application affichera les résultats et permettra un export au format Excel. Il est suggéré d'utiliser la librairie *Streamlit* et *OpenPyXL*.

Pour évaluer les 3 objectifs, on fera une optimisation linéaire sous contrainte de manière à trouver le mélange idéal de matières premières, avec ou sans chutes externes, qui respecte la composition chimique de l'alliage à produire tout en minimisant l'objectif (coût, CO₂ ou teneur en métal neuf). On suggère d'utiliser la librairie *PuLP*.

L'application sera intégralement codée en Python 3. Les noms des variables et les commentaires seront en anglais. On respectera les conventions de codage [PEP8](#) et on suggère d'utiliser *black* pour appliquer une partie des conventions automatiquement et *pycodestyle* pour vérifier la conformité.