

Les pertes à vide dans l'industrie

Que ce soit au sein d'une PME comme dans les grandes industries, les pertes à vide représentent souvent une fraction très significative de la consommation globale d'une usine.

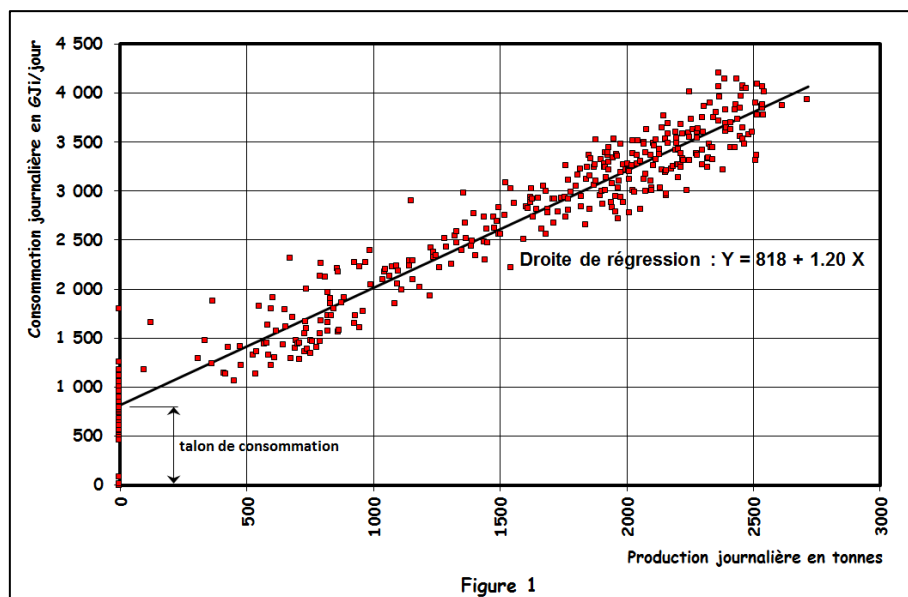
Sous l'appellation "pertes à vide", on regroupe généralement l'ensemble des consommations d'une usine ou d'une ligne de production isolée lorsqu'elle est prête à produire mais que sa production est momentanément à l'arrêt. Le plus souvent, une ligne de production comporte des équipements qui assurent le défilement ou le transport du produit et des machines qui le transforment. Le seul fait qu'une ligne de production soit "prête à produire" implique des consommations d'énergie significatives :

- de l'électricité pour tous les moteurs des équipements de défilement du produit;
- de l'électricité et/ou du gaz naturel pour le fonctionnement des machines de transformation.

Que ce soit pour le défilement ou pour la transformation du produit, on comprend que la consommation d'énergie est liée :

- d'une part, au fait qu'il faille compenser les pertes à vide;
- d'autre part, au fait qu'il faille "travailler le produit" c'est-à-dire mettre en œuvre l'énergie nécessaire à sa transformation.

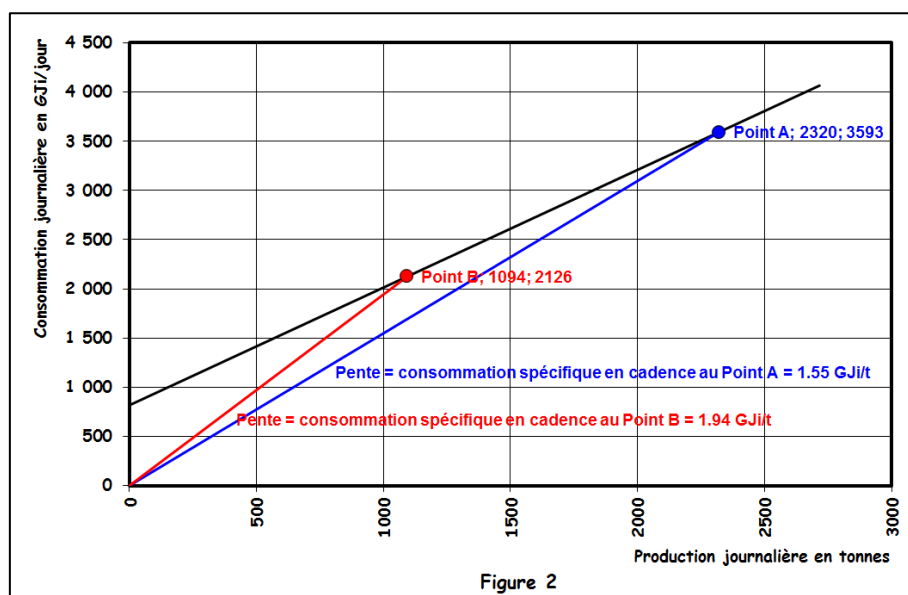
Prenons par exemple le cas d'un four. Si l'on relève jour par jour sa consommation de gaz naturel (exprimée ici en GJ sur pouvoir calorifique inférieur) et qu'on dresse un graphique de celle-ci en fonction de la production journalière correspondante, on obtient le graphique suivant :



On voit que lors des journées d'arrêt de production, la consommation varie dans une fourchette de 500 à 1300 GJ/jour. Durant ces journées d'arrêt, le four est mis en veilleuse mais la température choisie dépendra de la longueur de l'arrêt. C'est pourquoi la consommation "à vide" est variable d'un jour à l'autre. On voit aussi que la consommation des journées de production augmente forcément avec le tonnage produit. Plus la quantité de produits transformés (réchauffés, traités thermiquement ou cuits) est grande plus il a fallu consommer de gaz. La consommation est donc proportionnelle à la production mais, au sens mathématique du terme, la consommation n'est pas "directement proportionnelle" à la production. Il existe en effet un "talon de consommation" qui est ici de l'ordre de 820 GJ/jour. Ce talon correspond à la consommation de gaz qu'il faut consentir pour maintenir le four dans son état "prêt à produire". C'est la chaleur qu'il faut produire pour compenser les pertes thermiques du four : conduction dans les parois, circulation d'air parasite, systèmes de refroidissement des mécanismes de transport et des portes, etc.

On peut alors se demander pourquoi la consommation des journées d'arrêt peut atteindre 1300 GJ/jour alors que le talon moyen du four est de l'ordre de 820 GJ/jour. Ceci correspond à des journées d'arrêt durant lesquelles le four est resté dans son état "prêt à produire" alors que l'on a rien produit. Dans ces circonstances, les débits de gaz et d'air comburant étant fortement réduits, il est difficile de maintenir le four en pression ce qui favorise les entrées d'air parasite et donc fait grimper la consommation. Inversement, les valeurs les plus basses des consommations des journées d'arrêts (500 GJ/jour) sont atteintes lorsqu'il s'agit d'arrêt long et programmé pour lesquels le four est mis en état de veilleuse "profonde" (basse température).

Qu'il s'agisse de la consommation du four à l'arrêt ou du talon de consommation du four lors des journées de production, l'ensemble de ces consommations est assimilé aux "pertes à vide" du four en question. Cette notion de perte à vide est particulièrement utile lorsqu'on s'intéresse aux consommations spécifiques. Examinons le graphique suivant, copie du précédent, dans lequel on a effacé les points obtenus jour par jour et repéré deux journées exemplatives (A et B):





La consommation spécifique se calcule en divisant la consommation par la production d'une journée. Par exemple au point A, la consommation spécifique est de 3593 GJ pour 2320 t soit 1.55 GJ/t. Au point B, elle est de 2126 GJ pour 1094 t soit 1.94 GJ/t. Pourquoi la consommation spécifique est-elle tellement différente d'un jour à l'autre ? Simplement parce qu'elle représente la pente de la droite passant par l'origine du graphique (0 t/j et 0 GJ/j) et par le point considéré et que cette pente varie évidemment puisqu'il y a un talon de consommation. Autrement dit, la droite représentant au mieux le nuage de points de consommation journalière ne passe pas par l'origine du graphique : la consommation n'est pas directement proportionnelle à la production. On peut aussi exprimer la même chose en disant que plus on produit de tonnes sur une journée, au mieux on "amortit" les pertes à vides ou le talon de consommation du four "prêt à produire".

Cette approche est en tout point transposable à la consommation électrique d'une ligne de production. Bien souvent, lorsqu'il s'agit de chaîne de production, la partie proportionnelle à la production est relativement faible par rapport à la perte à vide. Dans une ligne de peinture de petites pièces, on imagine facilement que la puissance électrique mise en œuvre sert principalement à vaincre les frottements de la chaîne et que la présence ou non des pièces ne modifie que légèrement la consommation. De même d'ailleurs, un four de cuisson en mode "batch" dans l'industrie agroalimentaire présentera un talon de consommation fort important. En effet, dans ce cas, la durée de réchauffage des produits représente peu de chose par rapport à la durée de cuisson proprement dite durant laquelle il s'agit uniquement de maintenir le four à température.

L'industrie pharmaceutique est un cas typique pour lequel les pertes à vide représentent la majeure partie de la consommation. Les quantités de matière mise en œuvre tout le long du processus de fabrication sont minimales alors que les énergies nécessaires au maintien des lignes dans l'état "prêt à produire" sont importantes. Inversement, en sidérurgie par exemple, les consommations d'énergie sont fortement liées à la production. L'électricité consommée est l'image directe des tonnages laminés et le gaz consommé est l'image directe des tonnages réchauffés avant laminage. Néanmoins, même dans ce cas, les pertes à vides peuvent être très importantes. A titre d'exemple, lors d'une campagne de mesure dans le cadre de son audit énergétique, une entreprise sidérurgique s'est aperçue que sa puissance électrique totale à l'arrêt, soit 4 MW, représentait 60% de sa puissance en production normale !

D'une manière générale, on peut considérer que les consommations annuelles liées aux pertes à vide sont proportionnelles aux heures de fonctionnement des lignes tandis que les autres consommations sont proportionnelles aux tonnages ou aux nombres de pièces produites sur l'année. Cette distinction est souvent appliquée lorsqu'on veut suivre les consommations d'année en année, par exemple dans le cadre des accords de branche Energie / CO₂ en Wallonie.

Parmi les équipements qui génèrent les principales pertes à vides d'une usine, on peut citer :

- les pompes des boucles fluides qui tournent en permanence;
- les ventilateurs qui tournent en permanence;
- les groupes hydrauliques;
- les compresseurs (présences de nombreuses fuites);
- les fours, les étuves; les séchoirs;
- les transformateurs de courants ;
- etc.

Ainsi à titre d'illustration, le tableau ci-dessous reprend les pertes électriques à vide et en charge de différents types de transformateurs de courants :

Tableau I : Pertes d'un transformateur (normes HD428 et HD538 du CENELEC¹)

Puissance évaluée (kVA)	Pertes en charge				Pertes à vide			
	À huile (HD428) jusqu'à 24kV ²			Sec (HD538)	À huile (HD428) jusqu'à 24kV ²			Sec (HD538)
	Liste A	Liste B	Liste C	12kV primaire	Liste A'	Liste B'	Liste C'	12kV primaire
	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)	(W)
50	1 100	1 350	875	N/A	190	145	125	N/A
100	1 750	2 150	1 475	2 000	320	260	210	440
160	2 350	3 100	2 000	2 700	460	375	300	610
250	3 250	4 200	2 750	3 500	650	530	425	820
400	4 600	6 000	3 850	4 900	930	750	610	1 150
630 /4 % ³	6 500	8 400	5 400	7 300	1 300	1 030	860	1 500
630 /6 % ³	6 750	8 700	5 600	7 600	1 200	940	800	1 370
1 000	10 500	13 000	9 500	10 000	1 700	1 400	1 100	2 000
1 600	17 000	20 000	14 000	14 000	2 600	2 200	1 700	2 800
2 500	26 500	32 000	22 000	21 000	3 800	3 200	2 500	4 300

1. CENELEC = Comité Européen de Normalisation Électrotechnique www.cenelec.org
 2. Des valeurs différentes s'appliquent pour 36 kV
 3. 4% et 6% réfèrent à l'impédance de court-circuit

Source : Fiche technique Prisme n°5, Les transformateurs de distribution efficaces, Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie.



Outre la possibilité d'investir dans des équipements plus performants sur le plan énergétique (moteurs à haut rendement, meilleure isolation thermique, amélioration de l'étanchéité) la principale voie d'amélioration de la consommation "à vide" d'une usine consiste à mettre en place des procédures manuelles ou automatiques de mise hors service des équipements non indispensables pour un redémarrage rapide de la production ou pour la sécurité.

On peut facilement quantifier les pertes à vide électriques d'une usine en relevant les compteurs principaux durant une période de non production (le WE par exemple). On peut ensuite, faire le même exercice en réalisant au préalable une campagne de sensibilisation aux économies d'énergie : on donne alors la consigne aux opérateurs de ligne et de maintenance, d'arrêter un maximum d'équipements qui tournent ou fonctionnent à vide (éclairage, convoyeurs, compresseurs, transformateurs ...). L'objectif de réduction des marches à vide de l'usine pourrait être fixé ensuite, par exemple, 50% de ce maximum. Une belle économie en perspective !

Pour faire cette analyse, il peut être nécessaire de définir préalablement un ou plusieurs états intermédiaires entre "arrêts complet" et "prêt à produire" qui sont liés à un délai maximum de retour à l'état "prêt à produire". Chaque état correspondra alors à une consommation "à vide" minimale permettant le retour à l'état "prêt à produire" dans un délai convenu.

Jacques Michotte et Jean-Benoît Verbeke

Afin de pouvoir prendre du recul sur vos installations et connaître les principales données auxquelles votre entreprise doit être sensibilisée en matière d'énergie, n'hésitez pas à faire appel aux services des facilitateurs URE process.

Pour les contacter, rien de plus simple, formez gratuitement le **0800/97.333**

Ou envoyez leur un mail via à l'adresse :

energie@faciliteur.info