

M&V FOCUS – publication #4

Détermination des périmètres de mesure dans les projets de M&V - (Partie II)



Par Agenor Garcia* et Bruce Rowse**

5. Modélisation

Maintenant, généralisons les concepts présentés dans ces exemples pour avoir une vision plus large du problème.

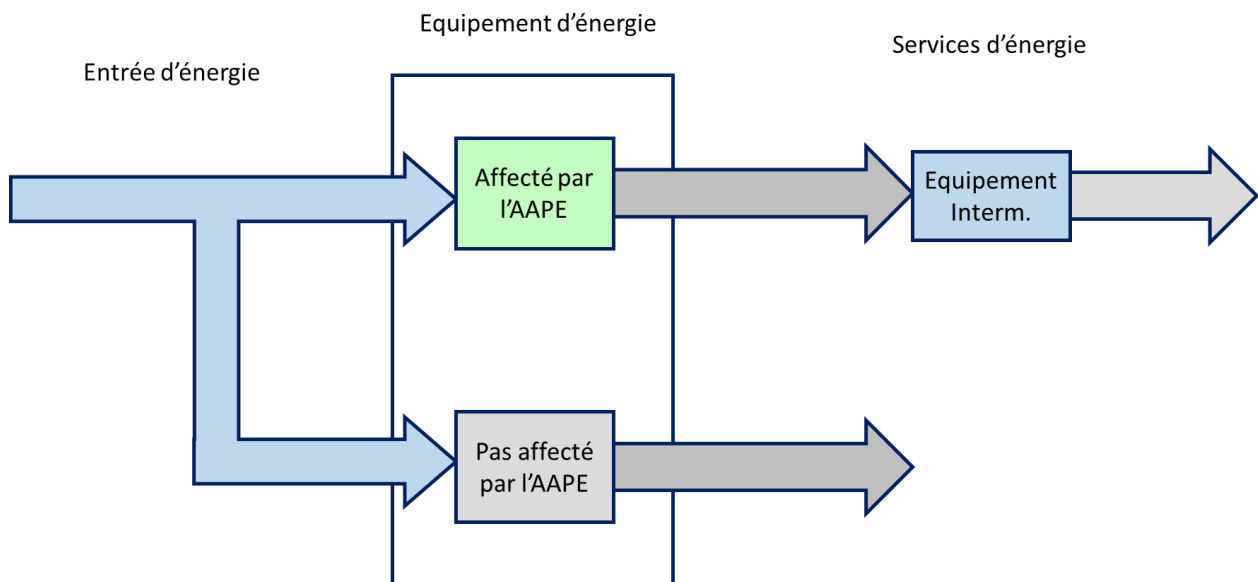


Figure 8 – Modélisation du défi du périmètre de mesure

Nous traitons des flux d'énergie, avec :

- une entrée d'énergie,
- des équipements qui utilisent de l'énergie pour fournir des services énergétiques (certains affectés par l'AAPE et d'autres non),
- des services énergétiques, dont le réglage affecte le flux d'énergie à travers le périmètre de mesure. Comme les exemples précédemment donnés l'illustrent, la conversion d'énergie en services énergétiques peut passer par des phases intermédiaires, qui peuvent également être utilisées pour évaluer les économies d'énergie réalisées par l'AAPE.

Par exemple, les flux d'énergie associés à un refroidisseur sont les suivants:

- une alimentation en électricité,
- le refroidisseur convertit l'énergie pour produire de l'eau réfrigérée,

- les pompes, les ventilateurs et les échangeurs de chaleur convertissent l'eau réfrigérée en air refroidi,
- l'air refroidi procure du confort (le service énergétique).

Le Tableau 2 présente quelques exemples illustrant le concept d'énergie transférée dans des services énergétiques.

Approvisionnement en énergie	Équipement affecté par l'AAPE	Service intermédiaire	Équipement intermédiaire	Service final
Electricité	Luminaire	Lumière		
Electricité	Climatiseur	Confort thermique		
Electricité	Refroidisseur	Eau froide	Ventilo convecteur	Confort thermique
Electricité	Moteur électrique	Mouvement rotatif	Pompe	Mouvement du liquide
Gaz naturel	Chaudière	Vapeur	Echangeur de chaleur	Chauffage liquide/gaz

Table 2 – Exemples de conversion d'énergie en un service

Certains services énergétiques passent par des étapes intermédiaires, d'autres pas. Dans le cas de la climatisation à détente directe, l'air réfrigéré peut également être considéré comme un service intermédiaire. Il existe donc différentes manières de mesurer la consommation d'énergie et les variables indépendantes afin de réaliser les opérations de M&V. Ceci est illustré sur les figures 9 et 10 ci-dessous, qui montrent les points de mesure possibles.

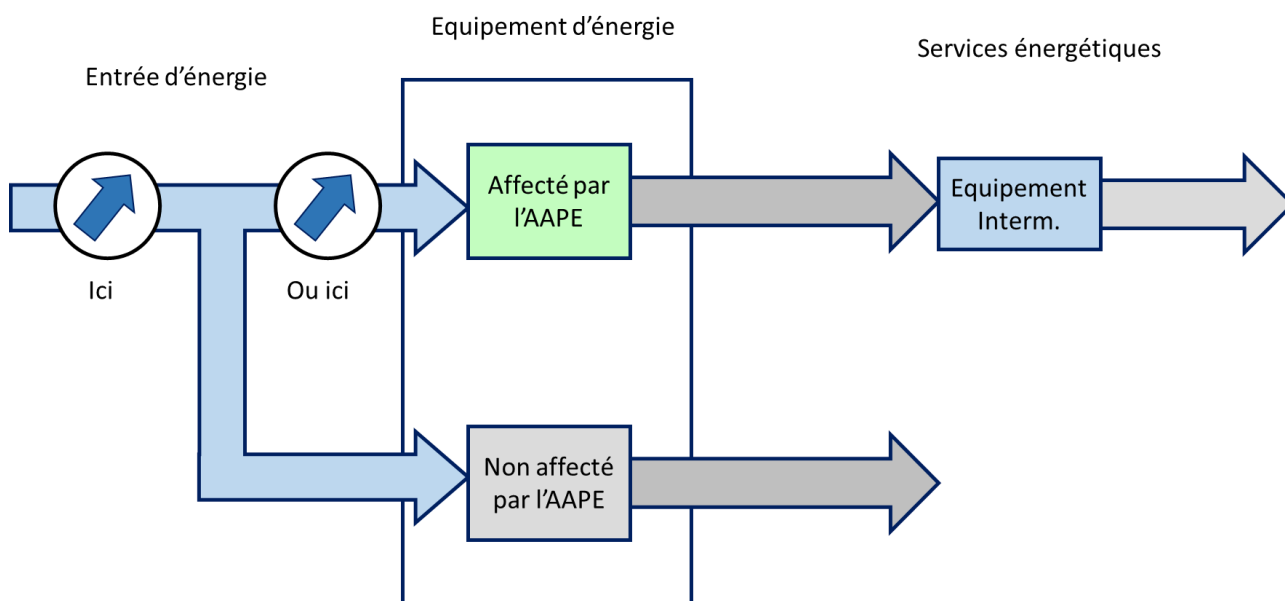


Figure 9 – Mesure de l'énergie

Les compteurs d'énergie peuvent mesurer uniquement les équipements concernés par l'AAPE, dans le cas des options A et B de l'IPMVP, ou mesurer l'utilisation du site entier, dans le cas de l'option C.

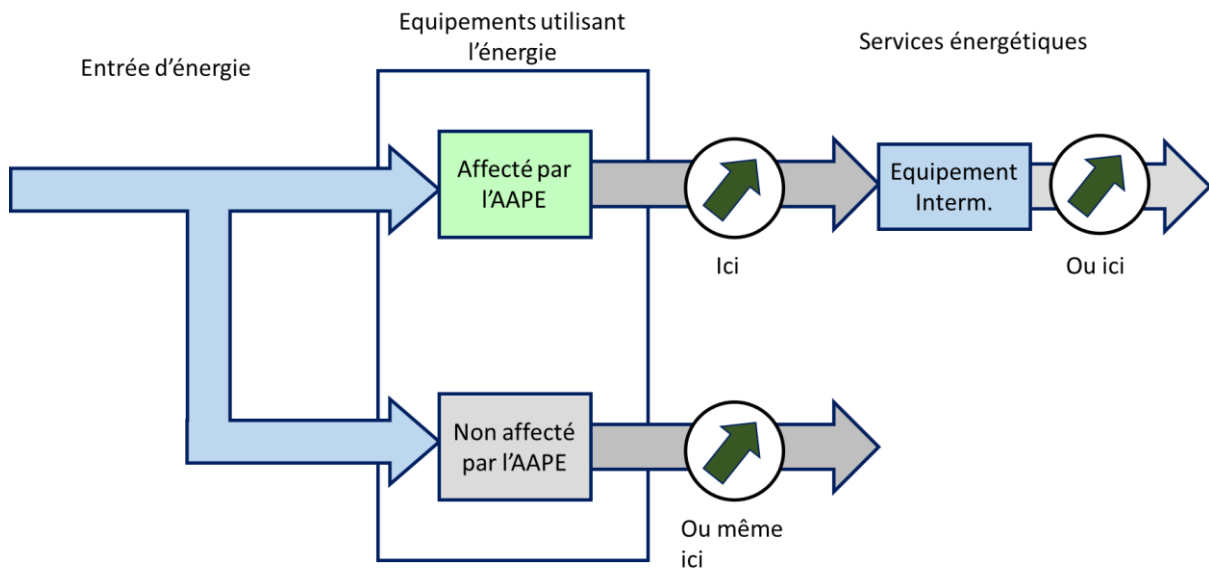


Figure 10 – Mesures des variables indépendantes

La mesure des variables indépendantes peut être :

- celle de ce qui affecte l'utilisation finale (par exemple, la température extérieure et l'occupation affectent le conditionnement de l'environnement, ou la production affecte le gaz qui alimente la chaudière).
- celle d'une variable intermédiaire (dans les exemples ci-dessus, l'eau réfrigérée dans un système de climatisation à eau glacée, et la vapeur dans la chaudière).
- celle de services non touchés par l'AAPE (par exemple, l'Option C permet de mesurer une amélioration majeure de l'éclairage d'un bâtiment, mais la consommation d'énergie de la base de référence est expliquée par l'utilisation de la climatisation, l'éclairage étant pratiquement fixe).

Nous pouvons donc définir trois approches principales pour définir les périmètres de mesure, comme indiqué ci-dessous.

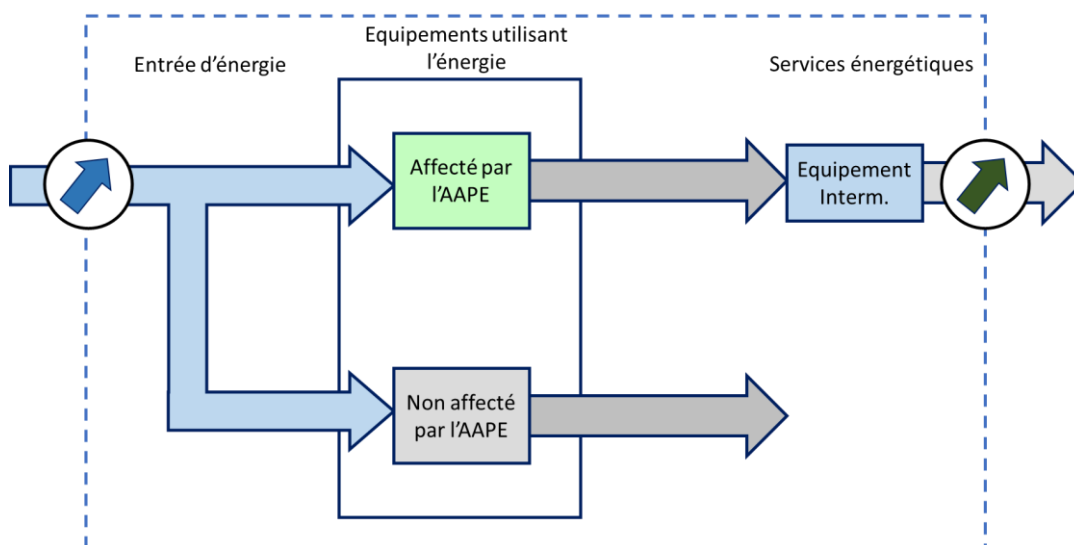


Figure 11 – Approche 1 – Périmètre de mesure – Site entier

La première approche consisterait à considérer le site entier, le compteur d'énergie correspondant et la mesure des variables qui affectent de manière significative le service énergétique.

Les avantages de cette approche sont les suivants :

- la base de référence est déjà disponible car les données d'entrée proviennent de la facture énergétique et les données de sortie sont généralement déjà collectées par le propriétaire du site,
- pas de coûts de mesure supplémentaires,
- les variations d'énergie et d'économie sont directement liées à des variables déjà « comprises » par le propriétaire.

Les inconvénients dus au fait qu'il existe beaucoup de facteurs statiques :

- ceux liés aux équipements non concernés par l'AAPE,
- ceux liés à la configuration du site.

Cette option est donc centrée sur l'ensemble du site.

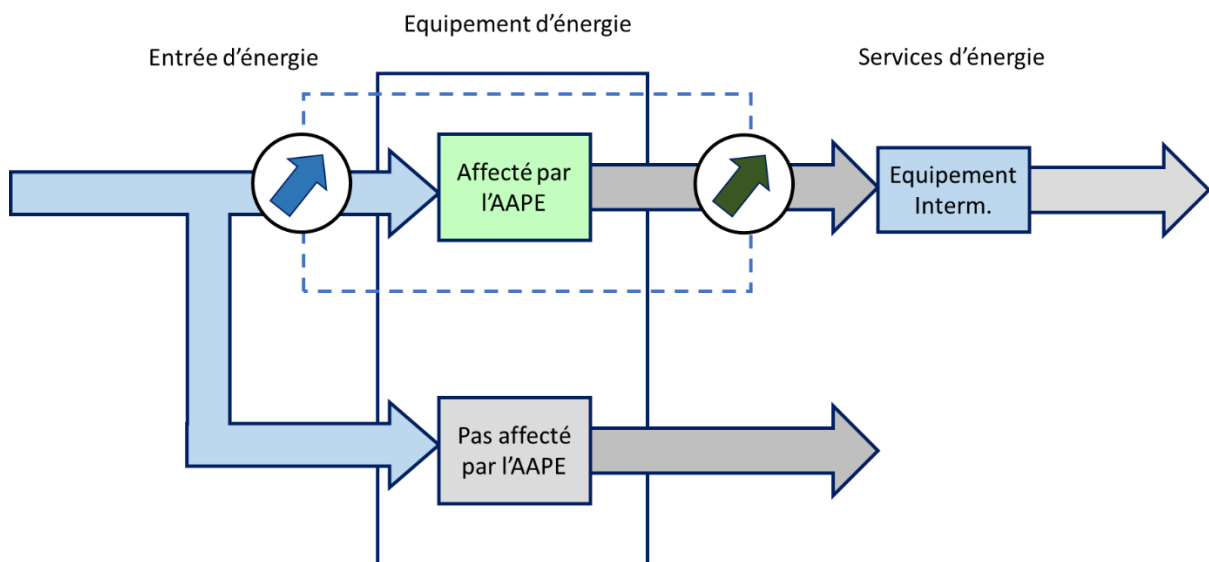


Figure 12 – Périmètre de mesure serré (équipement)

À l'autre extrême, l'approche est axée sur l'équipement. Des mesures d'énergie sont effectuées sur l'alimentation en énergie de l'équipement affecté et la variable indépendante correspond à la sortie de l'équipement (eau glacée dans le refroidisseur, vapeur dans la chaudière, débit de la pompe, etc.). Les coûts de mesure sont élevés, mais cela permet un excellent retour d'informations sur l'impact de tout changement, et il y a peu de facteurs statiques.

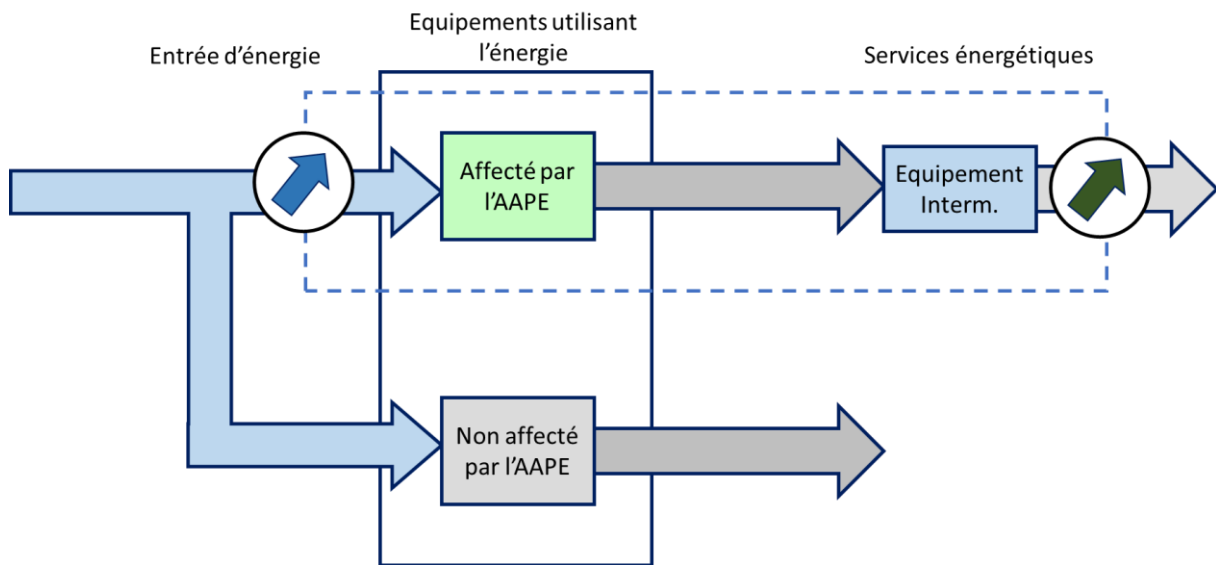


Figure 13 – Approche avec un périmètre de mesure intermédiaire

Entre ces deux approches, il existe un juste milieu, qui consiste en une mesure à l'entrée d'énergie dans l'équipement (Option B ou A), mais en corrélation avec les variables indépendantes relatives à l'ensemble du site.

L'avantage par rapport à la première approche (mesure de l'énergie sur le site entier) est qu'il y a moins de facteurs statiques, représentés par les équipements non affectés par l'AAPE. L'inconvénient est qu'un compteur doit encore être installé et qu'il faut du temps pour mesurer la base de référence. Par rapport à la deuxième approche (périmètre de mesure serré), l'avantage est que les variations d'énergie et d'économie sont expliquées par des variables caractéristiques du site - généralement bien comprises par les gestionnaires / propriétaires de sites. L'inconvénient est qu'il doit prendre en compte des facteurs statiques sur l'ensemble du site.

6. Un autre exemple intéressant

Un autre exemple (proposé par John Cowan) qui illustre bien le problème des périmètres de mesure est celui ci-après, qui traite de l'AAPE dans un four, qui tire parti de la chaleur résiduelle de la combustion au moyen d'un échangeur de chaleur à récupération installé dans la cheminée.

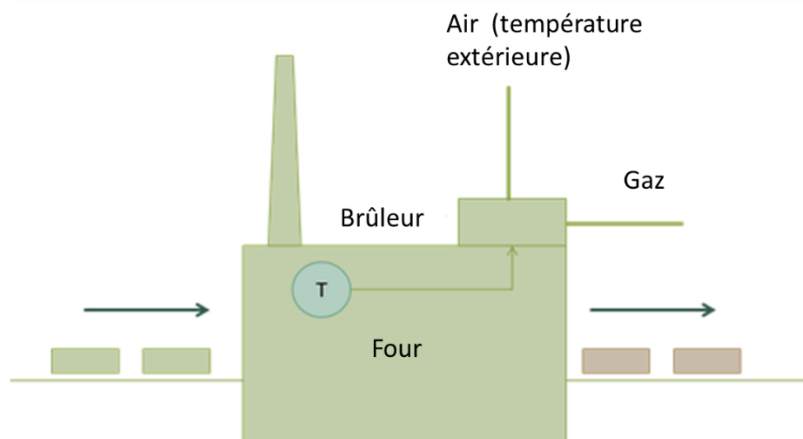


Figure 14 : Four avant implémentation de l'AAPE

La figure 14 montre les conditions de base : le four est chauffé au gaz, l'air extérieur fournit l'oxygène nécessaire à la combustion. Un système de contrôle maintient la température constante à l'intérieur du four. Un ventilateur dans le brûleur force la circulation de l'air dans le four, dont les gaz d'échappement sortent de la cheminée, à une température élevée. Une bande transporteuse déplace des composants métalliques dans le four, qui sont chauffés afin de pouvoir ensuite être forgés en composants automobiles.

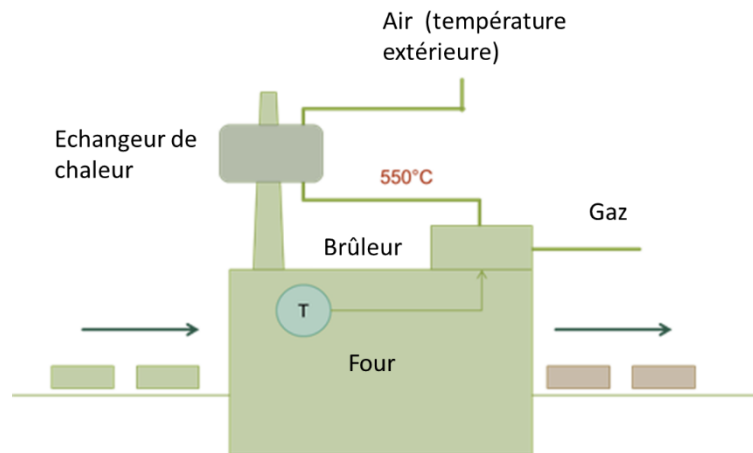


Figure 15 – Four après implémentation de l'AAPE

Avec l'installation d'un échangeur de chaleur, l'air de combustion est préchauffé à 550 °C, ce qui réduit le besoin de chaleur lors de la combustion et réduit la consommation de gaz. Bien entendu, pour dimensionner l'échangeur thermique, il est nécessaire d'estimer le débit d'air et les températures à l'entrée et à la sortie de l'échangeur de chaleur. Dans cette phase d'"analyse" de l'AAPE, l'efficacité de l'échangeur de chaleur et l'impact du changement de température de l'air sur la combustion et la réduction de la demande de gaz sont également estimés. Il est naturel que les spécialistes impliqués dans cette phase d'ingénierie veuillent voir comment fonctionne l'équipement et peuvent proposer la structure de M&V présentée en figure 16.

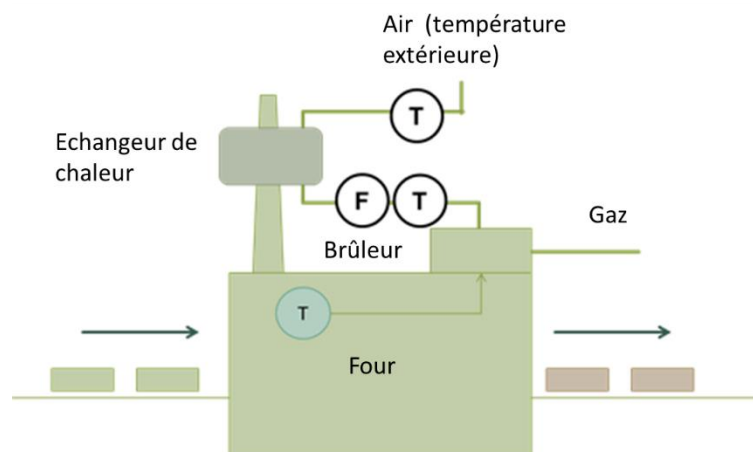


Figure 16 – Première approche de M&V

Placer des capteurs de température à l'entrée et à la sortie de l'échangeur de chaleur et la mesure du débit d'air permettraient de mesurer la chaleur fournie à l'air de combustion. Cependant, la question de M&V n'est pas de savoir si l'échangeur fonctionne bien, mais bien « combien de gaz a été économisé ? ». Ainsi, pour déterminer la réduction de la consommation de gaz, nous devrions soit entreprendre plus de mesures, soit faire les "meilleures estimations possibles ». Puisque nous voulons connaître la

réduction de gaz, pourquoi ne pas mesurer directement la consommation de gaz ? Et comme la variation de la consommation dépend de la production, celle-ci serait également mesurée.

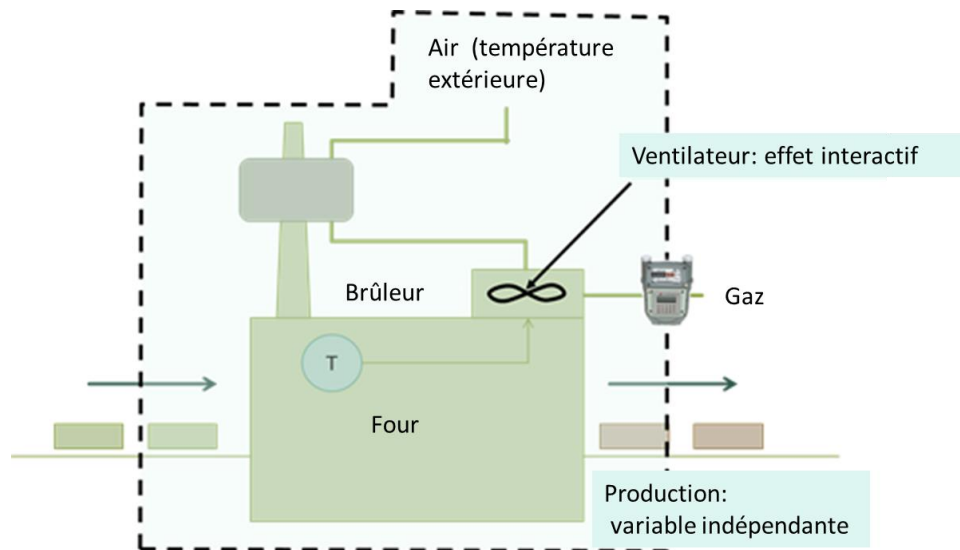


Figure 17 – Seconde approche de M&V

Avec la mesure de la consommation de gaz et de la production du four, le modèle de la base de référence peut être établi et la consommation de gaz évitée au cours de la période de suivi peut être calculée en soustrayant la consommation de gaz de celle calculée à l'aide du modèle de la base de référence.

Les limites de mesure étant le compteur de gaz et la production, il est possible de tracer le périmètre de mesure comme indiqué à la figure 17.

Une autre considération est l'énergie utilisée par le ventilateur aspirant l'air à travers l'échangeur de chaleur. Si le périmètre n'est pas vu en termes de flux d'énergie gazeuse (gaz - air chaud - chauffage des pièces métalliques - chauffage de l'air entrant avec les gaz de combustion), le ventilateur peut être considéré comme situé au sein du périmètre de mesure.

Cependant, comme il est alimenté par l'électricité, ce flux est évidemment en dehors du périmètre de mesure, qui ne mesure que le gaz et la production. Si les calculs montraient qu'il s'agissait probablement d'un effet interactif significatif, le périmètre énergétique pourrait être ajusté pour inclure à la fois les flux de gaz naturel dans le four et l'électricité dans le ventilateur, avec un compteur d'électricité installé sur l'alimentation en énergie du ventilateur.

[FIN DE LA PARTIE II]

REFERENCES

EVO – Efficiency Valuation Organisation. Core Concepts, International Performance Measurement and Verification Protocol, 2016.

GERBI – Greenhouse gas Emissions Reduction in Brazilian Industry. M&V Case Study: Heat Recovery in a Furnace, power point presentation, Rio de Janeiro, 2003. Based on a problem initially proposed by John Cowan.

(*) Agenor Garcia est un consultant en efficacité énergétique et M&V basé au Brésil, directeur technique de CTC Experts. Agenor est membre du comité de formation étendue d'EVO et un instructeur accrédité EVO L3.



(**) Bruce Rowse est consultant auprès de 8020Green et est basé en Australie. Bruce est président du comité de formation étendue d'EVO et instructeur accrédité EVO L3.



Traduction réalisée par Nathan Lee et Paul Calberg-Ellen (CMVP, formateur IPMVP), Biomasse Normandie, dans le cadre d'une mission confiée par l'ADEME Normandie. Texte original accessible à l'adresse :

<https://evo-world.org/en/news-media/m-v-focus/867-magazine-issue-4/1121-establishing-measurement-boundaries-in-m-v-projects-part-ii>