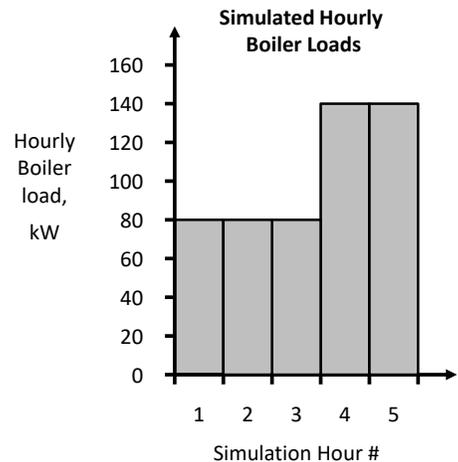
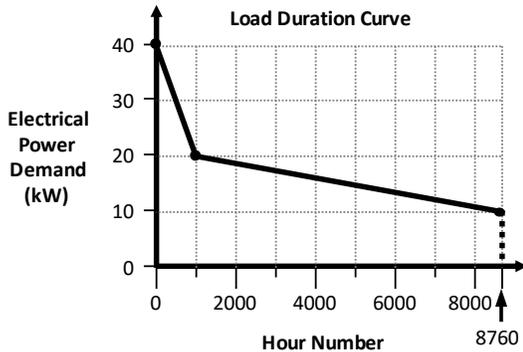


# Problèmes

1. La courbe de durée de la charge électrique annuelle d'un bâtiment particulier est représentée sur la figure (ci-dessous, à gauche). Estimez les éléments suivants :

- taux de consommation électrique annuel minimum (kW)
- taux de consommation électrique maximal annuel (kW)
- consommation totale d'électricité pendant les 1000 heures de plus forte demande (kWh)
- consommation totale d'électricité pour l'année (kWh)



2. Une simulation énergétique heure par heure est réalisée pour analyser les performances d'une chaudière au gaz naturel. La chaudière a une puissance nominale de 200 kW et un rendement nominal à pleine charge de  $\eta_{FL} = 80\%$ .

La chaudière est équipée d'un "système de combustion modulante" qui permet de régler le brûleur de manière à ce que la chaudière s'adapte en permanence à la charge plutôt que d'effectuer des cycles d'allumage et d'extinction pour s'adapter à la charge en moyenne. Ce modèle particulier de chaudière peut fonctionner à des rendements plus élevés à charge partielle qu'à pleine charge. Les performances de la chaudière lorsqu'elle fonctionne à charge partielle peuvent être estimées à l'aide de l'équation ci-dessous :

$$\eta_{PL}/\eta_{FL} = 1.15 - 0.27 \cdot PLR + 0.12 \cdot PLR^2$$

Les charges horaires des chaudières pour les cinq premières heures de la période de simulation sont indiquées dans le graphique (ci-dessus, à droite).

Sur la base des informations fournies, estimez les éléments suivants :

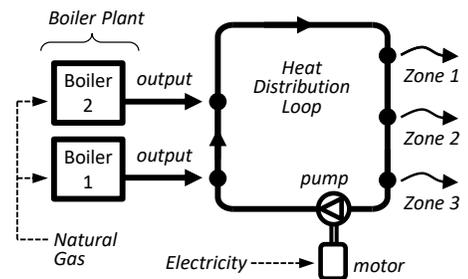
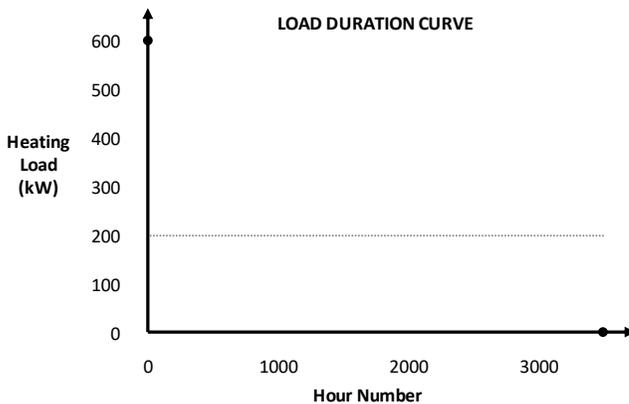
- Charge totale de la chaudière (kWh) sur les cinq heures simulées.
- Consommation totale de combustible (kWh) pour une période de cinq heures si le rendement de la chaudière est constant à 80 %.
- Consommation totale de combustible (kWh) pour les trois premières heures si la courbe d'ajustement du rendement en charge partielle est appliquée.

3. Un système de chaudière est en cours de conception pour un nouveau bâtiment. Le système comprendra 3 chaudières identiques, chacune ayant une puissance nominale de 200 kW. La courbe de durée de charge prévue est illustrée ci-dessous (à gauche).

La séquence de fonctionnement prévue est la suivante : La chaudière 1 s'allume en premier et fonctionne pour répondre à la charge qu'elle peut supporter, jusqu'à sa capacité. La chaudière 2 est allumée en second et fonctionne pour répondre à la charge qu'elle peut supporter (au-delà de la charge de la chaudière 1), jusqu'à concurrence de sa capacité. La chaudière 3 est ensuite ajoutée dans un ordre similaire à celui de la chaudière 2.

Sur la base de la séquence opérationnelle prévue, estimez les éléments suivants :

- Nombre d'heures par an pendant lesquelles la chaudière 3 fonctionnera.
- Charge de chauffage annuelle totale (kWh) survenant pendant les heures où la chaudière 3 fonctionne.
- Consommation annuelle de combustible de la chaudière 3 (kWh) si elle fonctionne avec un rendement moyen = 70 %.



4. Considérons l'analyse énergétique du système de chauffage hydronique représenté dans le diagramme ci-dessus à droite. La chaufferie se compose de deux chaudières identiques, chacune ayant les caractéristiques suivantes :

Combustible = gaz naturel

Capacité = 85 kW

Type de brûleur = marche/arrêt

Efficacité nominale,  $\eta_{FL} = 80\%$

Les chaudières fonctionnent selon le principe "Lead/Lag", c.à.d. que la chaudière 1 fonctionne en premier pour répondre à la charge (jusqu'à sa capacité), et la chaudière 2 fonctionne si nécessaire pour répondre à la charge restante.

La pompe et le moteur présentent les caractéristiques suivantes :

Débit = 15 L/s, montée en pression = 160 kPa, efficacité de la pompe = 60%, efficacité du moteur = 88%

- Estimer la puissance de l'arbre (W) requise par la pompe
- Estimez le taux de consommation de combustible de la chaudière ( $m^3/hr$ ) pendant un moment où les deux chaudières sont allumées. Supposez que le contenu thermique du gaz naturel est de  $10,33 \text{ kWh}/m^3$ .
- Considérons une période où les taux d'extraction de chaleur de la boucle sont les suivants : Zone 1 = 30 kW, Zone 2 = 12 kW, Zone 3 = 22 kW. Estimez la charge calorifique à satisfaire par chaque chaudière (kW) au cours de cette période.

5. Un système de chaudière est en cours de conception pour un bâtiment qui devrait avoir besoin de chauffage pendant environ 3 500 heures par an. La courbe de durée de la charge est indiquée ci-dessous (à gauche). La charge de chauffage annuelle totale est de  $\sim 280\,000$  kWh.

La charge sera couverte par trois chaudières identiques, chaque chaudière ayant les caractéristiques suivantes :

Combustible de chauffage = gaz naturel

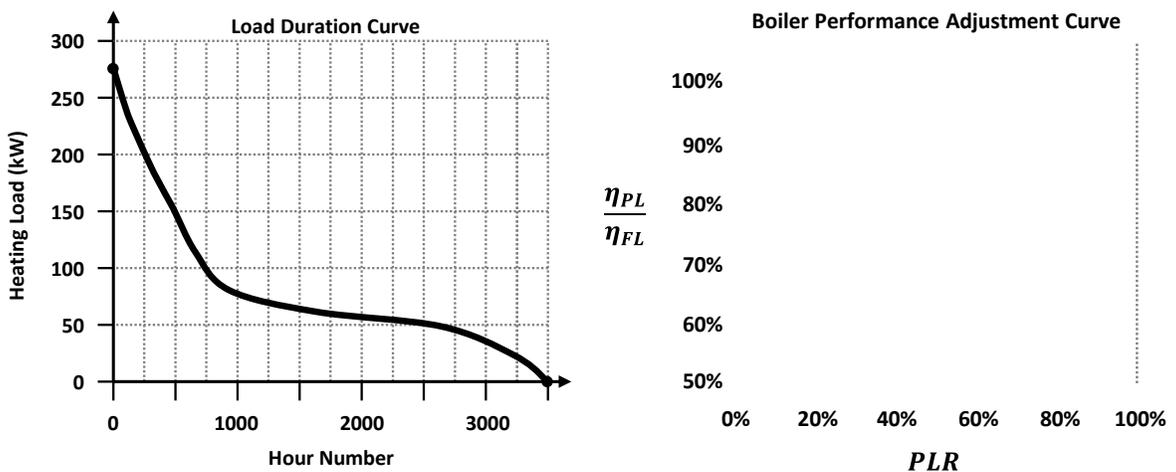
Puissance nominale = 100 kW

Type de brûleur = on/off

Efficacité nominale,  $\eta_{FL} = 82\%$

Le contenu thermique du gaz naturel peut être estimé à  $\approx 10,33$  kWh/m<sup>3</sup>.

La séquence de fonctionnement des chaudières sera la suivante : La chaudière 1 s'allume en premier et fonctionne pour répondre à la charge qu'elle peut supporter, jusqu'à concurrence de sa capacité. La chaudière 2 s'allume ensuite et fonctionne pour répondre à la charge qu'elle peut supporter (en plus de celle de la chaudière 1), jusqu'à concurrence de sa capacité. La chaudière 3 est ensuite ajoutée dans l'ordre, de la même manière que la chaudière 2. La puissance calorifique moyenne de chaque chaudière est ajustée en allumant et en éteignant son brûleur. Le rendement horaire à charge partielle de chaque chaudière peut être estimé à l'aide de la courbe d'ajustement ci-dessous (à droite).



Compte tenu des informations ci-dessus, faites des estimations raisonnables :

- Nombre total d'heures de fonctionnement de la chaudière 3 pendant la saison de chauffage.
- Nombre total d'heures pendant la saison de chauffage pendant lesquelles la chaudière 1 fonctionnera à charge partielle.
- Charge de chauffage annuelle totale (kWh) à couvrir par la chaudière 2.
- Consommation annuelle de combustible de la chaudière 2 (kWh) si elle fonctionne avec un rendement saisonnier de 70 %.
- Charge à couvrir par la chaudière 3 (kW) pendant une heure où la charge totale desservie par les chaudières est de 240 kW.
- En utilisant la courbe d'ajustement des performances : le rendement horaire (%) que la chaudière 3 devrait atteindre pendant une heure où la charge totale desservie par les trois chaudières est de 240 kW.
- Taux de consommation totale de gaz naturel (m<sup>3</sup> /hr) à un moment où les brûleurs de toutes les chaudières sont allumés.