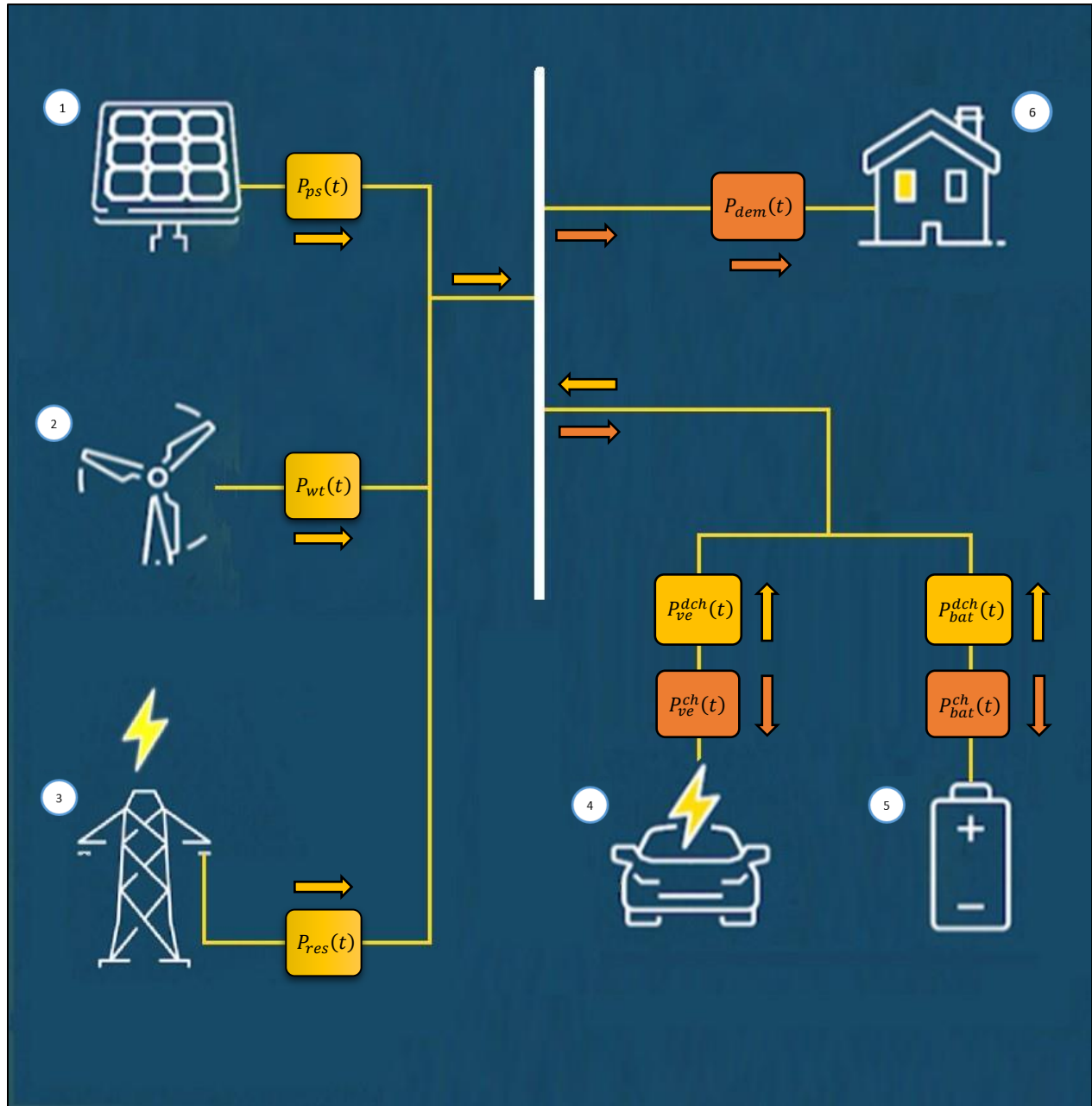


Formules Mathématiques



**Ensembles (Production Solaire) :**

$$\begin{aligned} T &= \{1, \dots, 35\,040\} : \text{Périodes de 15 minutes pour chaque jour de l'année } (\Delta t = 0.25 \text{ h}) \\ N_{ps} &= \{0, \dots, n_{ps}\} : \text{Nombre des panneaux solaires} \end{aligned} \quad (1.1)$$

Paramètres (Production Solaire) :

$$\begin{aligned} G_{ps}^{STC} &= 1000 : \text{Irradiation solaire à condition STC (W/m}^2\text{)} \\ k_{ps} &= -0.38 : \text{Coefficient de température} \\ P_{ps}^{STC} &= 327 : \text{Puissance nominale des panneaux solaires à condition STC (W)} \\ T_{ps}^{STC} &= 25 : \text{Température à condition STC (}^\circ\text{C)} \\ T_{ps}^{NOCT} &= 45 : \text{Température d'opération de la cellule à condition STC (}^\circ\text{C)} \\ \eta_{ps} &= 20 : \text{Rendement - Efficacité des panneaux solaires (\%)} \end{aligned} \quad (1.2)$$

* STC (Standard Test Conditions)

$$\begin{aligned} G_{ps}(t) &: \text{Radiation dans chaque } t \in T \text{ (W/m}^2\text{)} \\ T^c(t) &: \text{Température cellule dans chaque } t \in T \text{ (}^\circ\text{C)} \\ T^a(t) &: \text{Température ambiante dans chaque } t \in T \text{ (}^\circ\text{C)} \end{aligned} \quad (1.3)$$

$$P_{ps}(n_{ps}, t) : \text{Puissance des panneaux } n_{ps} \in N_{ps}, \text{ pendant la période } t \in T \text{ (W)} \quad (1.4)$$

Contraintes (Production Solaire) :

$$P_{ps}(t) = \eta_{ps} \cdot P_{ps}^{STC} \frac{G_{ps}(t)}{G_{ps}^{STC}} [1 + k_{ps}(T^c(t) - T_{ps}^{STC})] \quad (1.5)$$

$$T^c(t) = T^a(t) + \frac{T_{ps}^{NOCT} - T_{ps}^{STC}}{G_{ps}^{STC}} * G_{ps}(t) \quad (1.6)$$

**Ensembles (Production Éolienne) :**

$$\begin{aligned} T &= \{1, \dots, 35\,040\} : \text{Périodes de 15 minutes pour chaque jour de l'année } (\Delta t = 0.25h) \\ N_{wt} &= \{0, \dots, n_{wt}\} : \text{Nombre des générateurs éoliennes} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Paramètres (Production Éolienne) :

$$\begin{aligned} CP_{wt} &= 0.5 : \text{Coefficient de puissance, dans le meilleur des cas, } CP \approx 0.59 \\ P_{wt}^{nom} &= 7\,000 : \text{Puissance nominale générateur éolienne (W)} \\ S_{wt} &= 2.35 : \text{Surface du flux d'air, mesurée dans un plan perpendiculaire à la direction de la vitesse du vent (m}^2\text{)} \\ V_{wt}^{dem} &= 3 : \text{Vitesse de démarrage (m/s)} \\ V_{wt}^{nom} &= 10 : \text{Vitesse nominale du vent (m/s)} \\ V_{wt}^{arr} &= 50 : \text{Vitesse d'arrêt (m/s)} \\ \eta_{wt} &= 0.8 : \text{Rendement - Efficacité des turbines éolienne (\%)} \\ \rho_a &= 1.2 : \text{La masse volumique de l'air (kg/m}^3\text{)} \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$V_{wt}(t) : \text{Vitesse du vent dans le période de temp } t \in T \text{ (m/s)} \quad (2.3)$$

$$P_{wt}(n_{wt}, t) : \text{Puissance des générateurs éolienne } n_{wt} \in N_{wt}, \text{ pendant la période } t \in T \text{ (W)} \quad (2.4)$$

Contraintes (Production Éolienne) :

$$P_{wt}(t) = \begin{cases} V_{wt}(t) < V_{dem} & P_{wt}(t) = 0 \\ V_{wt}^{dem} \leq V_{wt}(t) \leq V_{wt}^{nom} & P_{wt}(t) = \eta_{wt} * \left(\frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot S_{wt} \cdot V_{wt}^3(t) \cdot CP_{wt} \right) \\ V_{wt}^{nom} \leq V_{wt}(t) \leq V_{wt}^{arr} & P_{wt}(t) = P_{wt}^{nom} \\ V_{wt}^{arr} \leq V_{wt}(t) & P_{wt}(t) = 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

**Ensembles (Réseau de Distribution) :**

$$T = \{1, \dots, 35\,040\} : \text{Périodes de 15 minutes pour chaque jour de l'année } (\Delta t = 0.25 \text{ h}) \quad (3.1)$$

Paramètres (Réseau de Distribution) :**Tarif D**

$$P_{TD}^{max} = 50 : \text{Puissance maximale que le consommateur peut avoir avec le tarif D (kW)} \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} \pi_{TD}^{en1} &= 0.0670 : \text{Prix de l'énergie pour les premiers 40 kWh d'un mois avec le tarif D (\$/kWh)} \\ \pi_{TD}^{en2} &= 0.1034 : \text{Prix de l'énergie après les 40 kWh de consommation d'un mois avec le tarif D (\$/kWh)} \\ \pi_{TD}^{acc} &= 0.4481 : \text{Frais d'accès au réseau pour chaque jour (\$/kWh)} \end{aligned} \quad (3.3)$$

Crédit hivernal

$$M_{CH}^{HP}(t) = \begin{cases} 0 \\ 1 \end{cases} : \text{Matrice des points critiques : } 1 \text{ indique qu'HQ a mentionné que c'est un point hivernal, 0 que ce n'en est pas un.} \quad (3.4)$$

$$\pi_{CH}^{ene} = 0.5513 : \text{Prix de l'énergie pour le kilowattheure d'énergie effacée (\$/kWh), la diminution devrait être plus de 2 kilowattheures} \quad (3.5)$$

$$P_{res}(t) : \text{Puissance du Réseau de Distribution, pendant la période } t \in T \text{ (W)} \quad (3.6)$$

Contraintes (Réseau de Distribution) :

$$\begin{aligned} \sum_{t=1}^T HP_{CH}(t) \Delta t &= 100 && \text{Durée maximale des événements par période d'hiver (heures)} \\ 0 \leq P_{res}(t) &\leq P_{TD}^{max} \end{aligned} \quad (3.7)$$

**Ensembles (Véhicules Électriques) :**

$$\begin{aligned} T &= \{1, \dots, 35\,040\} : \text{Périodes de 15 minutes pour chaque jour de l'année } (\Delta t = 0.25 \text{ h}) \\ N_{ve} &= \{0, \dots, n_{ve}\} : \text{Nombre des véhicules électriques (qui fonctionnent comment batterie)} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Paramètres (Véhicules Électriques) :

$$\begin{aligned} EV_{ve} &= 40\,000 : \text{Capacité de la batterie du véhicule électrique (Wh)} \\ P_{ve}^{ch,max} &= 10\,000 : \text{Puissance de charge maximale de la batterie du véhicule électrique (Wh)} \\ P_{ve}^{dch,max} &= 10\,000 : \text{Puissance de décharge maximale de la batterie du véhicule électrique (Wh)} \\ SOC_{ve}^{max} &= 80 : \text{État maximal de la batterie du véhicule électrique (\%)} \\ SOC_{ve}^{min} &= 20 : \text{État minimum de la batterie du véhicule électrique (\%)} \\ SOC_{ve}^{soh} &= 50 : \text{État souhâte minimum de la batterie du véhicule électrique (\%)} \\ \eta_{ve}^{ch} &= 90 : \text{Efficacité de la charge de la batterie de l'onduleur} \\ \eta_{ve}^{dch} &= 90 : \text{Efficacité de décharge de la batterie de l'onduleur} \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} M_{ve}^{con}(t) &= \begin{cases} 0 & : \text{Matrice d'état de connexion des véhicules électriques:} \\ 1 & \text{1 indique un état occupé, 0 un état libre.} \end{cases} \\ SOC_{ve}(t_{arrive}) &= \zeta : \text{État de la batterie du véhicule électrique au moment du arrive } \forall n_{ve} \in N_{ve} (\%), [\text{Aléatoire Gaussienne}] \\ SOC_{ve}(t_{départ}) & : \text{État de la batterie du véhicule électrique au moment du départ } \forall n_{ve} \in N_{ve} (\%) \end{aligned} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned} \delta_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) &= \begin{cases} 1 & \text{état charge} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} : \text{On/off pour la charge de la batterie du véhicule électrique à } n_{ve} \in N_{ve}, t \in T. \\ \delta_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) &= \begin{cases} 1 & \text{état decharge} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} : \text{On/off paramètre binaire pour la décharge de la batterie du véhicule électrique à } n_{ve} \in N_{ve}, t \in T. \end{aligned} \quad (4.4)$$

Variables Décisionnelles (Véhicules Électriques) :

$$\begin{aligned} P_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) & : \text{Puissance de charge de la batterie du véhicule électrique } n_{ve} \in N_{ve}, \text{ pendant la période } t \in T (W) \\ P_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) & : \text{Puissance de décharge de la batterie du véhicule électrique } n_{ve} \in N_{ve}, \text{ pendant la période } t \in T (W) \\ SOC_{ve}(n_{ve}, t) & : \text{État de charge de la batterie du véhicule électrique } n_{ve} \in N_{ve}, \text{ pendant la période } t \in T (\%) \end{aligned} \quad (4.5)$$

Contraintes (Véhicules Électriques) :

Seulement si $M_{ve}^{con}(t) = 1$

$$SOC_{ve}(t + \Delta t) = SOC_{ve}(t) + \left(\eta_{ve}^{ch} \cdot P_{ve}^{ch}(t) - \frac{P_{ve}^{dch}(t)}{\eta_{ve}^{dch}} \right) \Delta t \quad (4.6)$$

$$\begin{aligned} \delta_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) &= 1 & Si \ M_{CH}^{HP}(t) &= 0 \\ \delta_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) &= 1 & Si \ M_{CH}^{HP}(t) &= 1 \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned} \delta_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) + \delta_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) &\leq 1 \\ 0 \leq P_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) &\leq \frac{P_{ve}^{ch, max}}{\eta_{ve}^{ch}} * \delta_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) \\ 0 \leq P_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) &\leq \eta_{ve}^{dch} \cdot P_{ve}^{dch, max} \cdot \delta_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$\begin{aligned} SOC_{ve}^{min} &\leq SOC_{ve}(n_{ve}, t) \leq SOC_{ve}^{max} \\ SOC_{ve}^{min} &\leq SOC_{ve}(n_{ve}, t_{arrive}) \leq SOC_{ve}^{max} \\ SOC_{ve}^{soh} &\leq SOC_{ve}(n_{ve}, t_{depart}) \leq SOC_{ve}^{max} \end{aligned} \quad (4.9)$$

**Ensembles (Batteries) :**

$$\begin{aligned} T &= \{1, \dots, 35\,040\} : \text{Périodes de 15 minutes pour chaque jour de l'année } (\Delta t = 0.25 \text{ h}) \\ N_{bat} &= \{0, \dots, n_{bat}\} : \text{Nombre des batteries} \end{aligned} \quad (5.1)$$

Paramètres (Batteries) :

$$\begin{aligned} E_{bat} &= 19\,200 : \text{Capacité de la batterie (Wh)} \\ P_{bat}^{ch,max} &= 10\,000 : \text{Puissance de charge maximale de la batterie (Wh)} \\ P_{bat}^{dch,max} &= 10\,000 : \text{Puissance de décharge maximale de la batterie (Wh)} \\ SOC_{bat}^{max} &= 80 : \text{État maximal de la batterie (\%)} \\ SOC_{bat}^{min} &= 20 : \text{État minimum de la batterie (\%)} \\ \eta_{bat}^{ch} &= 90 : \text{Efficacité de la charge de la batterie de l'onduleur} \\ \eta_{bat}^{dch} &= 90 : \text{Efficacité de décharge de la batterie de l'onduleur} \end{aligned} \quad (5.2)$$

$$SOC_{bat}(t_0) = SOC_{bat}^{max} : \text{État de la batterie au moment } t=0 \forall n_{ve} \in N_{ve} (\%) \quad (5.3)$$

$$\begin{aligned} \delta_{bat}^{ch}(n_{bat}, t) &= \begin{cases} 1 & \text{état charge} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} : \text{On/off paramètre binaire pour la charge de la} \\ &\quad \text{batterie à } n_{bat} \in N_{bat}, t \in T. \\ \delta_{bat}^{dch}(n_{bat}, t) &= \begin{cases} 1 & \text{état decharge} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} : \text{On/off paramètre binaire pour la décharge de la} \\ &\quad \text{batterie à } n_{bat} \in N_{bat}, t \in T. \end{aligned} \quad (5.4)$$

Variables Décisionnelles (Batteries) :

$$\begin{aligned} P_{bat}^{ch}(n_{bat}, t) &: \text{Puissance de charge de la batterie à } n_{bat} \in N_{bat}, t \in T (W) \\ P_{bat}^{dch}(n_{bat}, t) &: \text{Puissance de décharge de la batterie à } n_{bat} \in N_{bat}, t \in T (W) \\ SOC_{bat}(n_{bat}, t) &: \text{État de charge de la batterie à } n_{bat} \in N_{bat}, t \in T (\%) \end{aligned} \quad (5.5)$$

Contraintes (Batteries) :

$$SOC_{bat}(t + \Delta t) = SOC_{bat}(t) + \left(\eta_{bat}^{ch} \cdot P_{bat}^{ch}(t) - \frac{P_{bat}^{dch}(t)}{\eta_{bat}^{dch}} \right) \Delta t \quad (5.6)$$

$$\begin{aligned} \delta_{bat}^{ch}(n_{bat}, t) &= 1 & \text{Si } M_{CH}^{HP}(t) &= 0 \\ \delta_{bat}^{dch}(n_{bat}, t) &= 1 & \text{Si } M_{CH}^{HP}(t) &= 1 \end{aligned} \quad (5.7)$$

$$\delta_{bat}^{dch}(n_{bat}, t) + \delta_{bat}^{ch}(n_{bat}, t) \leq 1 \quad (5.8)$$

$$0 \leq P_{bat}^{ch}(n_{bat}, t) \leq \frac{P_{bat}^{ch, max}}{\eta_{bat}^{ch}} \cdot \delta_{bat}^{ch}(n_{bat}, t)$$

$$0 \leq P_{bat}^{dch}(n_{bat}, t) \leq \eta_{bat}^{dch} \cdot P_{bat}^{dch, max} * \delta_{bat}^{dch}(n_{bat}, t)$$

$$SOC_{bat}^{min} \leq SOC_{bat}(n_{ve}, t) \leq SOC_{bat}^{max} \tag{5.9}$$

**Ensembles (Demande des habitations) :**

$$\begin{aligned}
 T &= \{1, \dots, 35\,040\} : \text{Périodes de 15 minutes pour chaque jour de l'année} \\
 &\quad (\Delta t = 0.25 \text{ h}) \\
 N_{dem} &= \{0, \dots, n_{dem}\} : \text{Nombre des habitations (demande)} \\
 N_{anc} &= \{0, \dots, n_{anc}\} : \text{Nombre des appareils non contrôlables (éclairage,} \\
 &\quad \text{réfrigérateurs, cuisinière électrique, téléviseur, les ordinateurs} \\
 &\quad \text{et autres)} \\
 N_{ac} &= \{0, \dots, n_{ac}\} : \text{Nombre des appareils contrôlables (HVAC: Chauffage,} \\
 &\quad \text{ventilation et de climatisation, WH : Chauffe-eau et DCH:} \\
 &\quad \text{Douche)}
 \end{aligned} \tag{6.1}$$

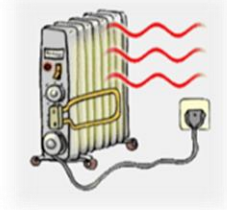
Paramètres (Demande des habitations) :

$$\begin{aligned}
 P_{anc}(t) &\text{ Puissance de consommation d'énergie des appareils non contrôlables (w)} \\
 P_{ac}(t) &\text{ Puissance de consommation d'énergie des appareils contrôlables (w)}
 \end{aligned} \tag{6.2}$$

Appareils Contrôlables

Chauffage, ventilation et de climatisation (HVAC)

* HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)

**Paramètres (HVAC) :**

$$\begin{aligned}
 C_{it} &= 3.6 : \text{Capacité thermique (kWh/°C)} \\
 p_{cha}^{nom} &= 3\,000 : \text{Puissance nominale chauffage (W)} \\
 p_{cha}^{m2} &= 60 : \text{Puissance chauffage pour mètre carré (W/m²)} \\
 R_{it} &= 4 : \text{Résistance thermique (°C/kW)} \\
 T_{cha}^{sou} &= 20 : \text{Température souhaitée avec le chauffage (°C)} \\
 T_{cli}^{sou} &= 14 : \text{Température souhaitée avec la climatisation (°C)} \\
 Zm_{tem} &= 2 : \text{Zone morte de la température de consigne (°C)} \\
 \alpha_{hvac} &= e^{\left(\frac{-\Delta t}{R_{it} \cdot C_{it}}\right)} : \text{Inertie thermique HVAC} \\
 \eta_{cha} &= 90 : \text{Rendement - Efficacité de chauffage (\%)} \\
 \eta_{cli} &= 90 : \text{Rendement - Efficacité de climatisation (\%)}
 \end{aligned} \tag{6.3}$$

$$T_{hvac}(t_0) = T^a(t) : \text{Température initiale des habitations au moment } t=0 \forall t \in T \text{ (°C)} \tag{6.4}$$

$$\begin{aligned}
 S_{hab}(n_{dem}) &: \text{Surface de chaque habitation (m²)} \\
 T^a(t) &: \text{Température ambiante dans chaque } t \in T \text{ (°C)}
 \end{aligned} \tag{6.5}$$

$$\begin{aligned}\delta_{cha}(n_{dem}, t) &= \begin{cases} 1 & \text{état allumé} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} : \text{Paramètre binaire on/off pour le fonctionnement du} \\ &\quad \text{chauffage à } n_{dem} \in N_{dem}, t \in T. \\ \delta_{cli}(n_{dem}, t) &= \begin{cases} 1 & \text{état allumé} \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} : \text{Paramètre binaire on/off pour le fonctionnement de} \\ &\quad \text{la climatisation à } n_{dem} \in N_{dem}, t \in T.\end{aligned}\quad (6.6)$$

Variables Décisionnelles (Demande des HVAC) :

$$\begin{aligned}T_{hvac}(t) &: \text{Température contrôlée des habitations dans chaque } t \in T \text{ (°C)} \\ P_{cha}(n_{dem}, t) &: \text{Puissance de consommation d'énergie de chauffage } n_{dem} \in N_{dem}, t \in T \text{ (W)} \\ P_{cli}(n_{dem}, t) &: \text{Puissance de consommation d'énergie de climatisation } n_{dem} \in N_{dem}, t \in T \text{ (W)}\end{aligned}\quad (6.7)$$

Contraintes (Demande des HVAC) :

$$T_{hvac}(t + \Delta t) = \alpha_{hvac} \cdot T_{hvac}(t) + (1 - \alpha_{hvac}) [T^a(t) - (R_{it} \cdot \eta_{cli} \cdot P_{cli}(t)) \delta_{cli}(t) + (-R_{it} \cdot \eta_{cha} \cdot P_{cha}(t)) \delta_{cha}(t)] \quad (6.8)$$

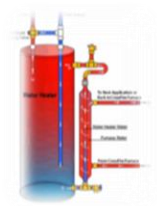
$$\begin{aligned}\delta_{cha}(n_{dem}, t) + \delta_{cli}(n_{dem}, t) &\leq 1 \\ 0 \leq P_{cha}(n_{dem}, t) &\leq \eta_{cha} \cdot P_{cha}^{nom} \\ 0 \leq P_{cli}(n_{dem}, t) &\leq \eta_{cli} \cdot P_{cli}^{nom}\end{aligned}\quad (6.9)$$

$$\begin{aligned}T_{cha}^{sou} - Zm_{tem} \leq T_{HVAC}(t) &\leq T_{cha}^{sou} + Zm_{tem} : \text{Point de consigne du thermostat dans l'hiver} \\ T_{cli}^{sou} - Zm_{tem} \leq T_{HVAC}(t) &\leq T_{cli}^{sou} + Zm_{tem} : \text{Point de consigne du thermostat dans l'été}\end{aligned}\quad (6.10)$$

Hypothèses

- (1) Il y a un seul espace conditionné espace climatisé ;
- (2) aucun stockage thermique indépendant n'est relié à l'équipement CVC principal ;
- (3) le contrôle de l'humidité est négligé ;
- (4) les sources de chaleur internes de l'équipement sont négligées ;
- (5) le contrôle de l'humidité est négligé dans tout l'espace.

Modèle de chauffe-eau (EWH)



$$\begin{aligned}C_{eau} &= 4.2157 : \text{La chaleur spécifique de l'eau (kJ/kg. °C)} \\ P_{ewh}^{max} &= 3\,900 : \text{Consommation électrique maximale de l'EWH (W)} \\ P_{ewh}^{min} &= 1\,500 : \text{Consommation électrique maximale de l'EWH (W)} \\ R_{ewh} &= 0.3472 : \text{L'isolation thermique (m². °C h/kJ)}\end{aligned}\quad (6.11)$$

$$\begin{aligned}
S_{ewh} &= 2.28 & : & \text{La surface du réservoir } (h=1.2 \text{ m et } r=0.5 \text{ m}) \text{ (m}^2\text{)} \\
T_{eau}^{sou} &= 37 & : & \text{Température souhaitée avec le chauffe-eau (}^\circ\text{C)} \\
V_{ewh} &= 0.2356 & : & \text{Capacité du réservoir d'eau } (h=1.2 \text{ m et } r=0.5 \text{ m}) \text{ (m}^3\text{)} \\
Zce_{tem} &= 2 & : & \text{Zone morte de la température de consigne chauffage-eau (}^\circ\text{C)} \\
\rho_{eau} &= 1\,000 & : & \text{La masse volumique de l'eau (kg/m}^3\text{)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
D_{eau}(t) &: \text{La demande en eau } \forall t \in T \text{ (m}^3/\Delta t \text{ h)} \\
T^{hab}(t) &: \text{La température ambiante de l'habitation (}^\circ\text{C)} \\
T_{eau}^{in}(t) &: \text{La température de l'eau froide entrante (}^\circ\text{C)}
\end{aligned} \tag{6.12}$$

$$T_{ewh}(t_0) = T_{eau}^{in}(t) : \text{Température initiale de chauffe-eau au moment } t=0 \forall t \in T \text{ (}^\circ\text{C)} \tag{6.13}$$

$$\begin{aligned}
C_{mt} &= \rho_{eau} V_{ewh} C_{eau} & : & \text{Masse thermique équivalente (kJ/}^\circ\text{C)} \\
\alpha_{ewh} &= e^{\left(\frac{-\Delta t}{F_{ewh}(t) \cdot C_{mt}}\right)} & : & \text{Inertie thermique EWH} \\
E_{ewh} &= \frac{S_{ewh}}{R_{ewh}} & : & \text{Le rapport de la surface à la résistance thermique du réservoir}
\end{aligned} \tag{6.14}$$

$$\begin{aligned}
F_{ewh}(t) &= \frac{1}{G_{ewh}(t) + E_{ewh}} \\
G_{ewh}(t) &= \rho_{eau} \cdot C_{eau} \cdot D_{eau}(t) \\
Q_{ewh}(t) &= 3.4121 \cdot 10^3 \cdot P_{ewh}(t)
\end{aligned} \tag{6.15}$$

Variables Décisionnelles (Demande d'EWH) :

$$\begin{aligned}
T_{ewh}(t) &: \text{La température de l'eau chaude à l'intérieur du réservoir EWH, } t \in T \text{ (}^\circ\text{C)} \\
P_{ewh}(n_{dem}, t) &: \text{Puissance de consommation d'énergie de chauffage-eau } n_{dem} \in N_{dem}, t \in T(w)
\end{aligned} \tag{6.16}$$

Contraintes (Demande d'EWH) :

$$T_{ewh}(t) = \alpha_{ewh} \cdot T_{ewh}(t - \Delta t) + (1 - \alpha_{ewh}) [E_{ewh} \cdot F_{ewh}(t) \cdot T^{hab}(t) + G_{ewh}(t) \cdot F_{ewh}(t) \cdot T_{eau}^{in}(t) + Q_{ewh}(t) \cdot F_{ewh}(t)] \tag{6.17}$$

$$P_{ewh}^{min} \leq P_{ewh}(n_{dem}, t) \leq P_{ewh}^{max} \tag{6.18}$$

$$T_{eau}^{sou} - Zce_{tem} \leq T_{ewh}(t) \leq T_{eau}^{sou} + Zce_{tem} : \text{Point de consigne du thermostat chauffe-eau} \tag{6.19}$$

Demande Totale des Habitations $P_{dem}(t)$

$$\begin{aligned} P_{dem}(n_{dem}, t) &= \sum_{n_{dem}=1}^{N_{dem}} \sum_{t=1}^T [P_{anc}(n_{dem}, n_{anc}, t) + P_{ac}(n_{dem}, n_{anc}, t)] \\ P_{dem}(n_{dem}, t) &= \sum_{n_{dem}=1}^{N_{dem}} \sum_{t=1}^T [P_{anc}(n_{dem}, n_{anc}, t)] + P_{cha}(n_{dem}, t) + P_{cli}(n_{dem}, t) \\ &\quad + P_{ewh}(n_{dem}, t) \end{aligned} \tag{6.20}$$

**Ensembles Générales :**

$$\begin{aligned}
 T &= \{1, \dots, 35\,040\} : \text{Périodes de 15 minutes pour chaque jour de l'année} \\
 &\quad (\Delta t = 0.25 \text{ h}) \\
 E &: \text{Ensemble de toutes les variables}
 \end{aligned} \tag{7.1}$$

Paramètres Générales :

$$\begin{aligned}
 \pi_{TD}^{en1} &= 0.0670 : \text{Formule (3.3)} \\
 \pi_{CH}^{ene} &= 0.5513 : \text{Formule (3.5)} \\
 \pi_{bat}^{deg} &: \text{Coûts de dégradation associés à batteries} \\
 \pi_{ve}^{deg} &: \text{Coûts de dégradation associés à véhicules électriques (\$/w)} \\
 w_c &= 0.8 : \text{Facteur de pondération du coût (1/\$)} \\
 w_{it} &= 0.1 : \text{Facteur de pondération pour l'inconfort thermique (1/°C)} \\
 w_u &= 0.1 : \text{Facteur de pondération pour l'inconfort du temps de démarrage (1/h)}
 \end{aligned} \tag{7.2}$$

β and λ are degradation costs associated with the ESS and batteries of EVs, respectively. The degradation cost of batteries is evaluated as a linear function of the battery charging/discharging power [35].

Variables Décisionnelles (Global) :

$$\begin{aligned}
 P_{CH}(t) &: \text{La consommation s'est arrêtée pendant la période de crédit d'hiver (w)} \\
 T^{it}(t) &: \text{Temps d'inconfort dû à l'écart par rapport à l'objectif pour l'appareil a à } t \in T \text{ (h)} \\
 T^{id}(t) &: \text{Température d'inconfort due à l'écart par rapport à la température de consigne de l'appareil a à } t \in T \text{ (°C)} \\
 \Delta P_{BAL}(t) &: \text{Balance de puissance du système, } t \in T \text{ (w)}
 \end{aligned} \tag{7.3}$$

$$\beta_{CH}(n_{dem}, t) = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases} : \text{Variable binaire on/off pour si l'habitation } n_{dem} \text{ accepte le crédit hivernal a } t \in T. \tag{7.4}$$

Conservation du débit :

$$\begin{aligned}
 \Delta P_{BAL}(t) &= P_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) + P_{bat}^{ch}(n_{bat}, t) + P_{dem}(n_{dem}, t) = P_{ps}(n_{ps}, t) + P_{wt}(n_{wt}, t) \\
 &\quad + P_{res}(n_{dem}, t) + P_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) + P_{bat}^{dch}(n_{bat}, t) \\
 0 &\leq \Delta P_{BAL}(t)
 \end{aligned} \tag{7.5}$$

* C'est-à-dire qu'aucune énergie n'est vendue au réseau.

Fonction Objective

$$\begin{aligned}
 \min_{\vec{E}} \quad & w_c \left[\sum_{t=1}^T \pi_{TD}^{en1}(t) \cdot P_{res}(t) - \sum_{t=1}^T \beta_{CH}(n_{dem}, t) \cdot \pi_{CH}^{ene}(t) \cdot P_{CH}(t) \right. \\
 & + \pi_{ve}^{deg} \sum_{t=1}^T \sum_{n_{ve}=0}^{N_{ve}} \left(P_{ve}^{ch}(n_{ve}, t) + P_{ve}^{dch}(n_{ve}, t) \right) \\
 & \left. + \pi_{bat}^{deg} \sum_{t=1}^T \sum_{n_{bat}=0}^{N_{bat}} \left(P_{bat}^{ch}(n_{bat}, t) + P_{bat}^{dch}(n_{bat}, t) \right) \right] + w_{it} \sum_{t=1}^T \sum_{n_{ac}=1}^{N_{ac}} T^{it}(t) \\
 & + w_{id} \sum_{t=1}^T \sum_{n_{ac}=1}^{N_{ac}} T^{id}(t)
 \end{aligned} \tag{7.6}$$

Contraintes Générales :

$$0 \leq P_{res}(n_{dem}, t) \leq P_{TD}^{max} \tag{7.7}$$

** C'est-à-dire qu'aucune énergie n'est vendue au réseau.*