

1. Mise en situation

Le foot fauteuil électrique est un sport collectif d'opposition (figure 1). L'objectif est de marquer un maximum de buts en propulsant le ballon par l'intermédiaire du pare-chocs avant du fauteuil électrique, tout en empêchant l'adversaire d'en faire autant.

Plus de 900 adhérents sont actuellement licenciés. Quatre-vingt-quinze structures, comprenant des clubs, sont affiliées et permettent la pratique du football en fauteuil roulant électrique.



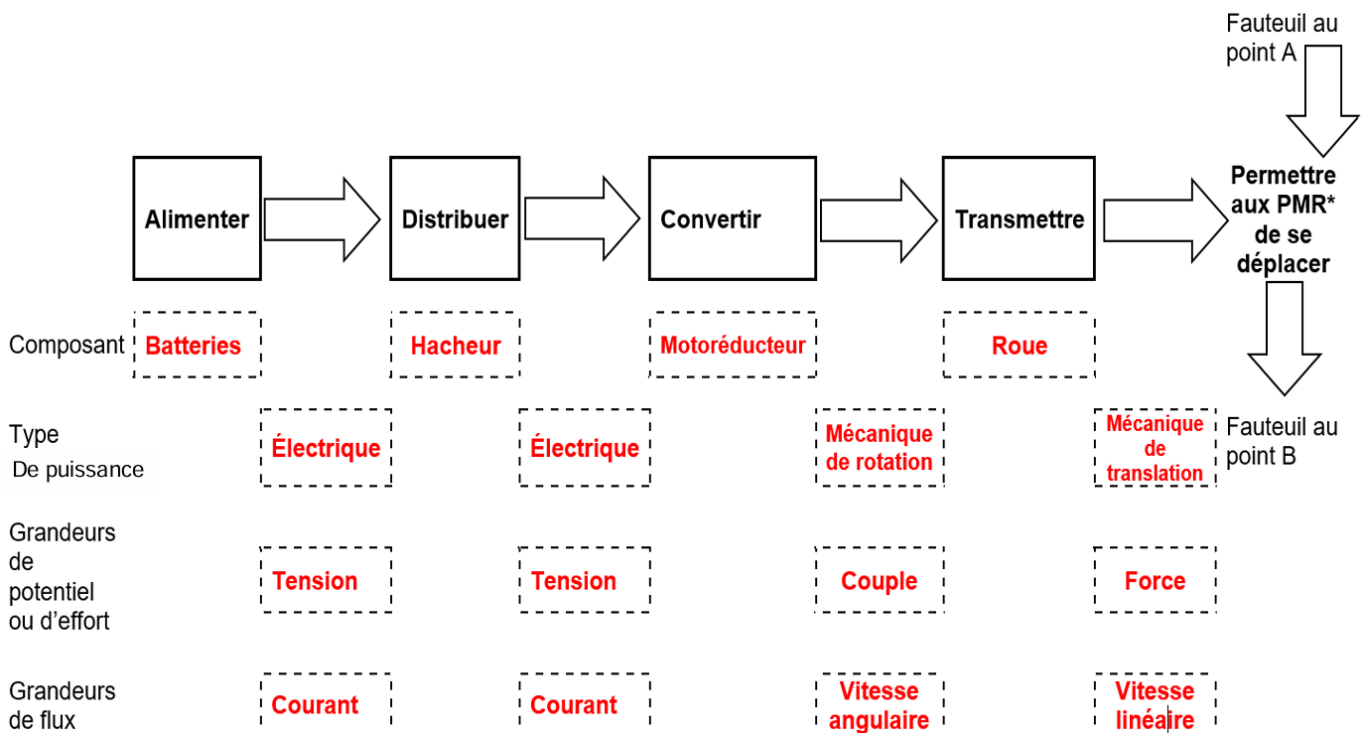
Figure 1 : foot fauteuil électrique

2. La batterie dimensionnée pour un usage classique permet-elle de jouer un match de foot fauteuil ?

Objectif : optimiser la chaîne de puissance pour atteindre les performances énergétiques nécessaires à l'alimentation du fauteuil électrique pendant les phases de match.

✍ **Compléter** la chaîne de puissance du DRS1 en précisant le composant assurant la fonction de chaque module (voir DTS1), puis préciser entre chaque module :

- le type d'énergie mis en jeu (thermique, électrique, mécanique de translation, mécanique de rotation, chimique) ;
- la grandeur d'effort associée (couple, force, débit, tension)
- la grandeur de flux associée (courant, pression, vitesse angulaire, vitesse linéaire).



Les caractéristiques du fauteuil sont fournies pour un usage courant. Pour un match de foot fauteuil, il est nécessaire d'ajouter des équipements sur le fauteuil, entraînant ainsi une augmentation de sa masse. Un modèle multiphysique du fauteuil a été réalisé afin de vérifier le comportement de celui-ci lors d'un match de 50 minutes. Pour cette étude, le modèle multiphysique du fauteuil (DTS2) est élaboré pour une vitesse constante de déplacement de $10 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Les phases d'accélération ou décélération ne seront pas prises en compte. La capacité Q d'une batterie est $70 \text{ A} \cdot \text{h}$. Sa tension U de sortie est de 12 V .

✍ **Calculer** la tension (U_{BATS}) délivrée par deux batteries assemblées en série. **Calculer** alors l'énergie E_{BATS} emmagasinée sachant que : $E = Q \cdot U$

Pour 2 batteries en série, les tensions s'additionnent donc $U_{BATS} = 24 \text{ V}$
Energie disponible dans les batteries : $E_{BATS} = Q \times U = 70 \times 24 = 1680 \text{ W}\cdot\text{h}$

✍ **Calculer** la puissance moyenne (P_{BAT}) fournie par les batteries pendant un match de 50 minutes (0,833 h). **Relever** sur le modèle multiphysique DTS2, le rendement du modulateur d'énergie (hacheur). **Calculer** la puissance utile disponible en sortie du hacheur (P_{U-HACH}).

$P_{BAT} = E_{BATS} / 0,833 = 1680 / 0,833 = 2016 \text{ W}$
 $\eta_{HACH} = 90 \% \text{ soit } \eta_{HACH} = 0,9$
 $\eta_{HACH} = P_{HACH} / P_{BAT} \text{ donc } P_{U-HACH} = P_{BAT} \times \eta_{HACH} = 2016 \times 0,9 = 1815 \text{ W}$

Pour la suite, l'étude concerne un seul moteur. La puissance disponible pour celui-ci est de $P_{DISPO} = 900 \text{ W}$.

✍ A l'aide des valeurs simulées relevées dans le modèle multiphysique (DTS2), **calculer** la puissance absorbée par un moteur (P_{A-MOT}).

$P_{A-MOT} = U_{MOT} \times I_{MOT} = 23,8 \times 39,1 = 930 \text{ W}$

✍ Au regard des écarts constatés, **justifier** si l'énergie stockée dans la batterie permet d'assurer l'alimentation des deux moteurs pendant la totalité d'un match de foot fauteuil.

La puissance disponible 900 W est inférieure à la puissance nécessaire 930 W pour le motoréducteur. Donc l'énergie nécessaire ne sera pas suffisante ($900 \times 0,833 = 750 \text{ W}\cdot\text{h}$ disponible pour un motoréducteur et $930 \times 0,833 = 775 \text{ W}\cdot\text{h}$ nécessaire pour un motoréducteur).

Afin d'améliorer l'efficacité énergétique de la chaîne de puissance du fauteuil, deux solutions vont être comparées :

- un motoréducteur avec réducteur conique ;
- un motoréducteur avec moteur brushless.

✍ **Indiquer** le couple nécessaire en sortie du motoréducteur (C_{MOT}) à partir du diagramme des exigences (requirement diagram) du DTS3.

$C_{MOT} = 22,4 \text{ N}\cdot\text{m}$

✍ **Donner** les références des motoréducteurs adaptées au cahier des charges pour les 2 solutions.

Les références des motoréducteurs qui conviennent sont : CCM 40, BL 040.

✍ Dans le tableau du DRS2, **calculer** la puissance absorbée par les moteurs choisis précédemment (P_{ABS}).

✍ Dans le tableau du DRS2, **calculer** l'énergie nécessaire pour un match de 50 minutes (0,833 h) (E_{ABS}).

Référence des motoréducteurs	Tension (en V)	Courant (en A)	Puissance absorbée (P_{abs} en watts)	Temps (en heures)	Energie absorbée (E_{abs} en watts heures)
CCM 040	24	38,6	926,4	0,833	772
BL 040	22,5	38,6	868,5	0,833	723,4

✍ **Choisir et justifier** la meilleure solution compatible avec l'énergie disponible.

Les deux motoréducteurs conviennent.

3. Comment assurer la recharge des fauteuils roulants électriques lors des compétitions de foot fauteuil ?

Objectif : vérifier si les performances des chargeurs de batterie installés dans le bâtiment permettent la recharge des fauteuils roulants électriques dans un temps contraint.

Dans les conditions de match avec prolongation, la décharge des batteries a été mesurée à 95 %. La capacité des batteries est de 70 A·h.

✍ **Calculer** la valeur de décharge des batteries (Q_{BAT95}) en A·h dans les conditions de match.

$$Q_{\text{BAT95}} = (95 \times Q_{\text{BAT}}) / 100 = (95 \times 70) / 100 = 66,5 \text{ A}\cdot\text{h}.$$

En tournoi, les équipes ont la possibilité de recharger les batteries de leurs fauteuils pendant que se déroule un autre match.

Les chargeurs, installés dans le bâtiment, ont pour référence KC204.

✍ A l'aide du document technique DTS4, **indiquer** les caractéristiques électriques du chargeur. **Calculer** le courant de charge (I_{CHARGE}) que celui-ci peut fournir.

$$P = 2000 \text{ W et } U = 24 \text{ V}$$

$$P = U \times I \text{ donc } I_{\text{CHARGE}} = P / U = 2000 / 24 = 83,3 \text{ A}$$

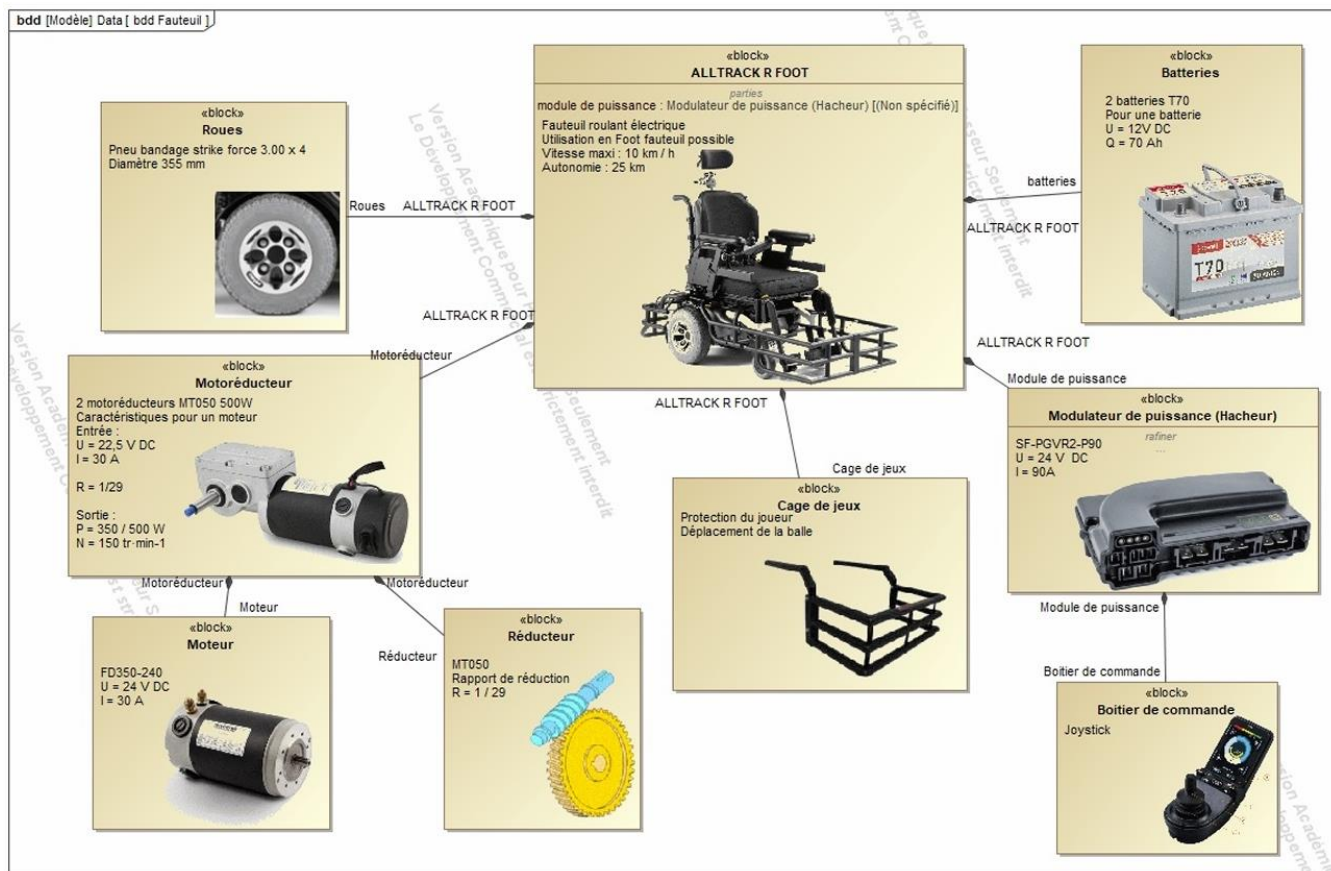
✍ **Calculer** le temps de charge des batteries (t_{CHARGE}) si celles-ci sont déchargées de 95 % et que le chargeur fournit le courant calculé précédemment.

$$Q_{\text{BAT95}} = I_{\text{CHARGE}} \times t_{\text{CHARGE}} \text{ donc } t_{\text{CHARGE}} = Q_{\text{BAT95}} / I_{\text{CHARGE}} = 66,5 / 83,3 = 0,798 \text{ h}$$

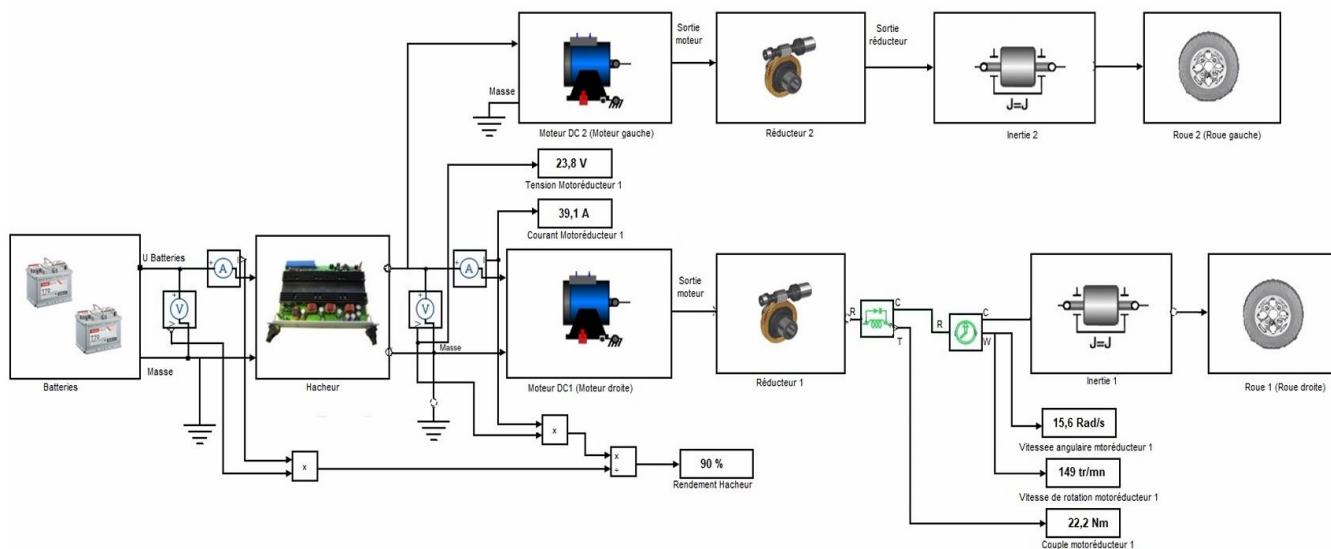
✍ **Conclure** en vérifiant si le temps d'un match suffit pour recharger les batteries des fauteuils.

$t_{\text{CHARGE}} = 0,798 \text{ h}$ inférieur au temps de déroulement d'un match avec prolongation (0,833 h) donc le temps du match permet de recharger les fauteuils.

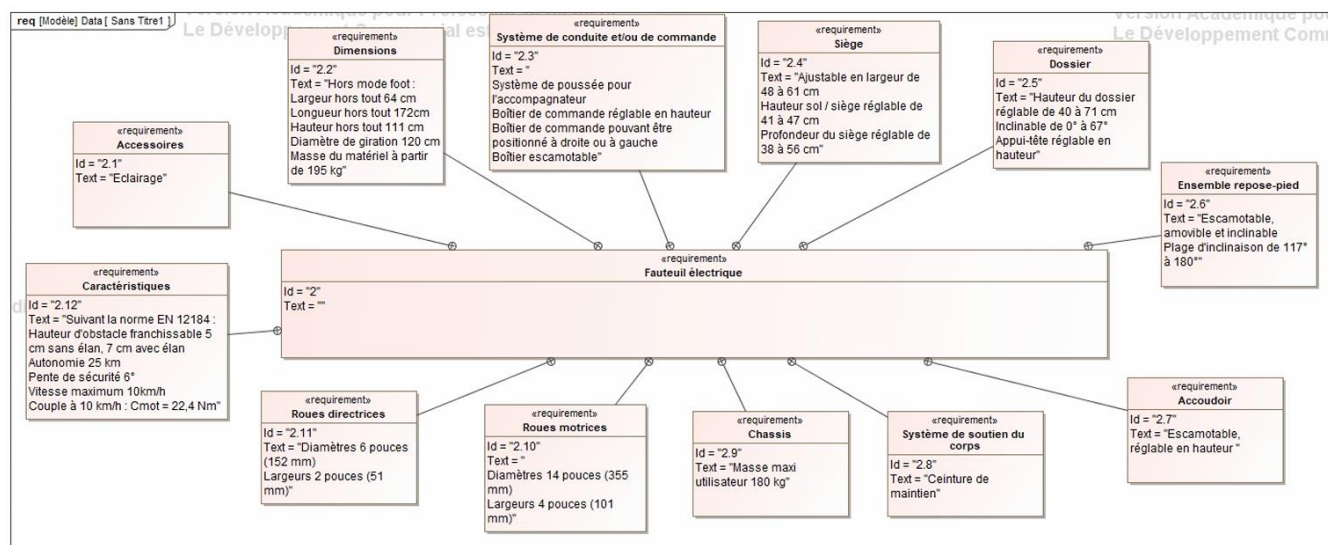
DTS1 – Fauteuil roulant électrique - diagramme de définition de bloc (bdd)



DTS2 – Modèle multi physique d'un fauteuil roulant



DTS3 – Diagramme des exigences d'un fauteuil roulant



DTS4 – Chargeur de batterie pour fauteuil roulant électrique

Chargeur COTEK

La gamme de chargeurs de batteries compacts et légers COTEK CX intègre un microprocesseur pour un chargement rapide et précis des batteries plomb-acide, gel, AGM ou lithium-ion.

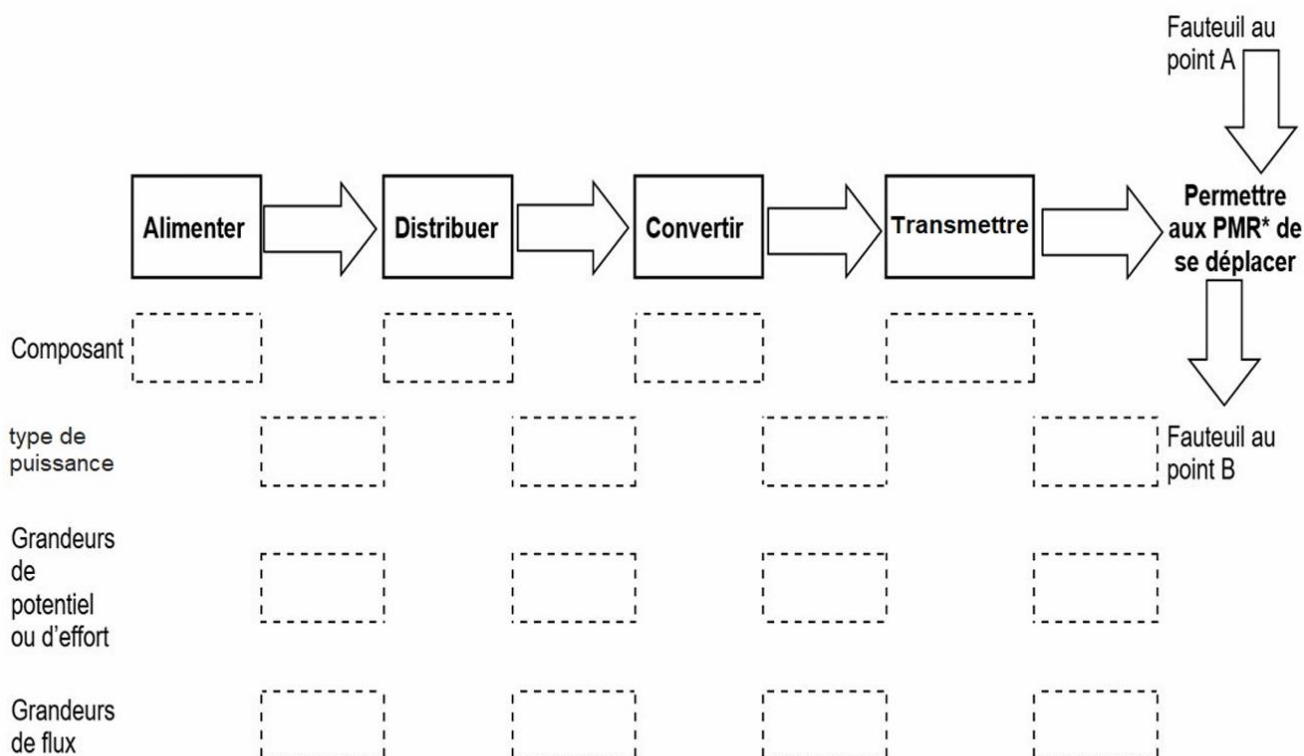
*Compact, puissant et polyvalent.
Robuste et fiable.
Pour batteries plomb-acide, gel, AGM ou lithium-ion.
Ventilateur 2 vitesses.
Protection : court-circuit – surtension - surchauffe.*



Caractéristiques d'entrée :
Plage de tension : 90-264VAC
Fréquence : 47-63Hz
Facteur de puissance : > 0,92
Rendement à 230VAC : 90%
Température de travail : -20°C à +50°C
Humidité de travail : 20 à 90% RH

Référence	Tension batterie (V DC)	Puissance de sortie (W)	Modèle	Dimensions en mm	Masse (kg)
KC211	12	400	01-5021-1204	183x72x243	1,6
KC212	12	600	01-5022-1204	183x72x243	1,7
KC213	12	850	01-5023-1220	183x72x263	1,9
KC201	12	1200	01-5024-1204	272x213x77	3,1
KC203	12	2000	01-5025-1204	312x213x77	4,0
KC214	24	600	01-5022-2404	183x72x243	1,6
KC202	24	1200	01-5022-2404	272x213x77	2,9
KC204	24	2000	01-5026-2404	312x213x77	3,9

DRS1 – Chaîne de puissance du fauteuil électrique - Grandeurs



*PMR : Personne à Mobilité Réduite

DRS2 – Calcul de la puissance et de l'énergie des motoréducteurs

Référence des motoréducteurs	Tension (en V)	Courant (en A)	Puissance absorbée (P_{abs} en W)	Temps (en heures)	Energie absorbée (E_{abs} en W·h)
CCM _ _ _ _	24			0,833	
BL _ _ _ _	22,5			0,833	