

CONCEPTION MECANIQUE

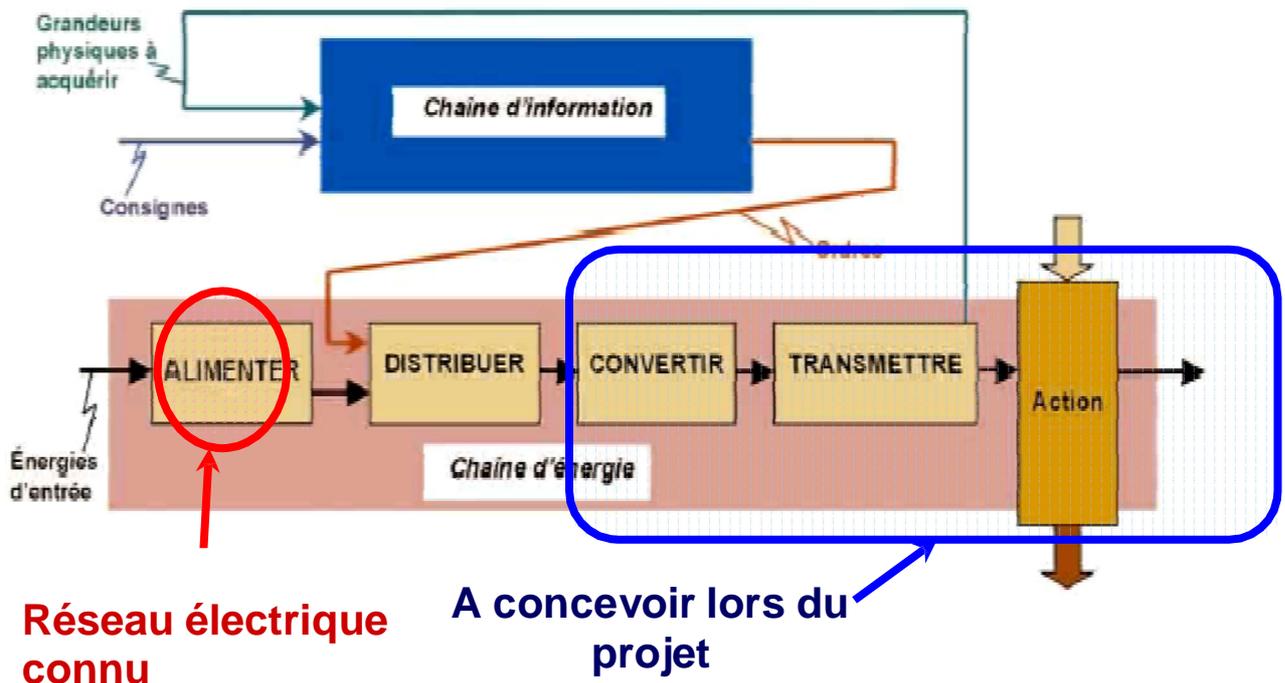
Chaînes de Puissance Electromécanique

L'objet de ce document est de donner les éléments méthodologiques essentiels permettant la détermination des données de puissance (vitesses, efforts, couples) nécessaires au choix d'un système. Pour atteindre cet objectif, une méthode proposant notamment l'utilisation du « plan de puissance » sera présentée.

FONCTIONS GENERIQUES D'UN SYSTEME

GENERALITE

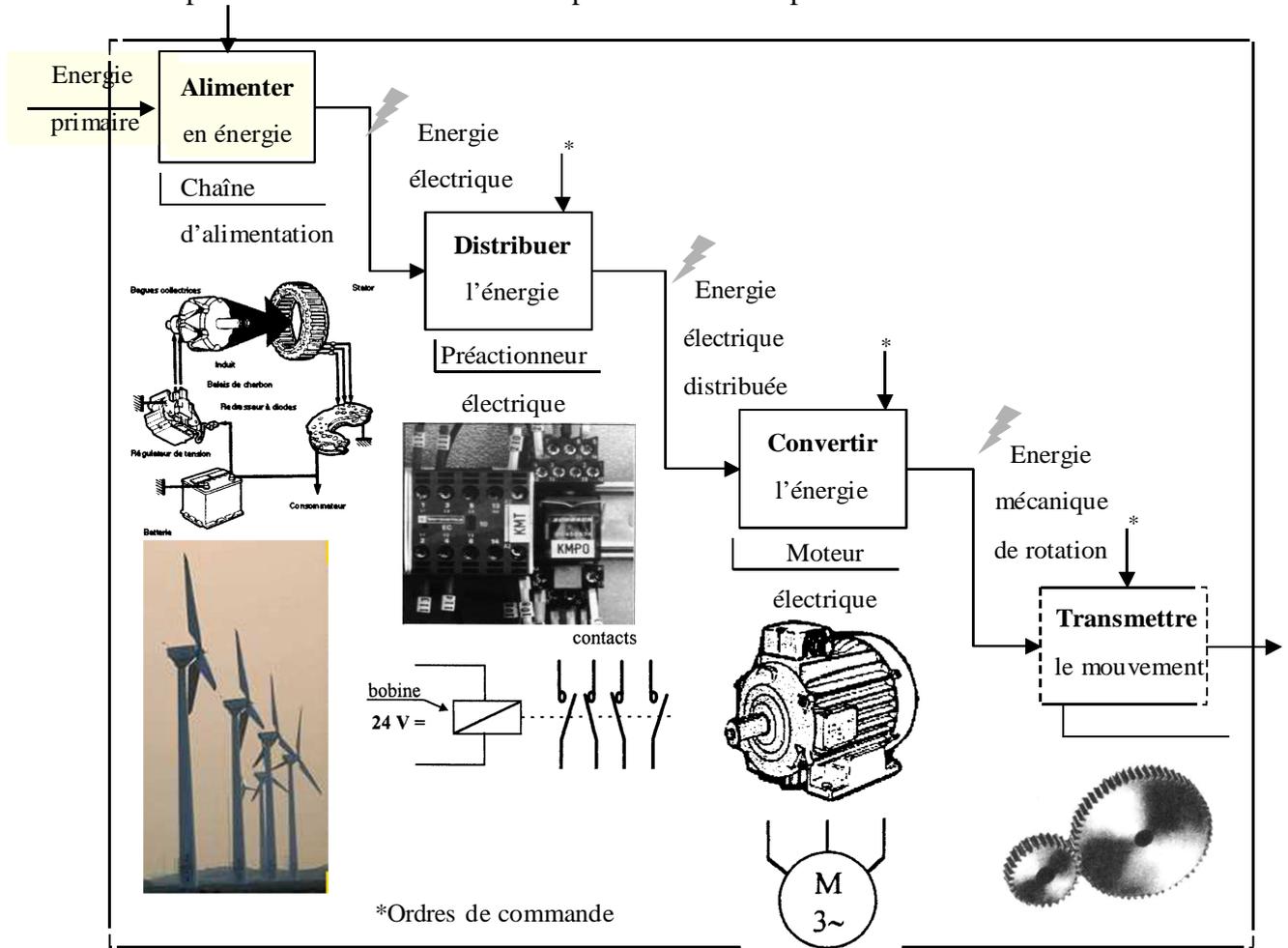
On peut décrire un système par ses fonctions génériques, parmi lesquelles se retrouvent « convertir et transmettre la puissance » au cœur de la chaîne de puissance (ou chaîne d'énergie).



On s'intéresse ici uniquement aux fonctions
génériques
convertir et transmettre la puissance
sous l'aspect "puissance"

CHAINE DE PUISSANCE ELECTROMECHANIQUE

Voici une description détaillée d'une chaîne de puissance sans la partie « Action ».



*Ordres de commande

Pour aider à la compréhension d'un système, il est possible de détailler la chaîne de puissance (les parties conversion d'énergie et transmission du mouvement) sous forme graphique. Ce graphique est un outil appelé Schéma Bloc. Il permet de visualiser à un instant t donné la puissance (Force et Vitesse), le rendement, les rapports de transmissions, ... d'un système.

Exemple :

Un système quelconque est animé par un moteur (convertit l'énergie électrique en énergie mécanique), comporte un réducteur (adapte la puissance mécanique) et un transformateur de mouvement (transforme le mouvement de rotation en translation).

- P_i correspond à la puissance en sortie du bloc i
- C_i correspond au couple en sortie du bloc i
- ω_i correspond à la vitesse en rotation en sortie du bloc i
- F_i correspond à l'effort en sortie du bloc i
- V_i correspond à la vitesse en translation en sortie du bloc i
- R_i correspond au rapport de réduction du bloc i
- η_i correspond au rendement associé au bloc i

Le schéma suivant permet de visualiser rapidement la chaîne de puissance du système étudié.

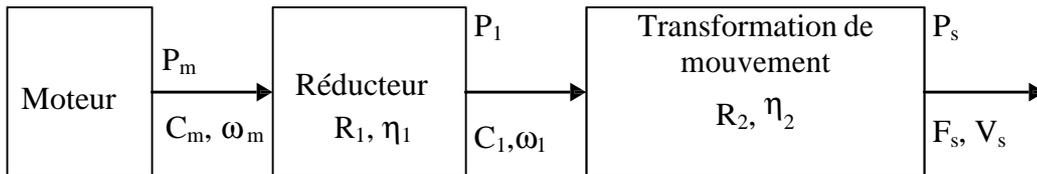


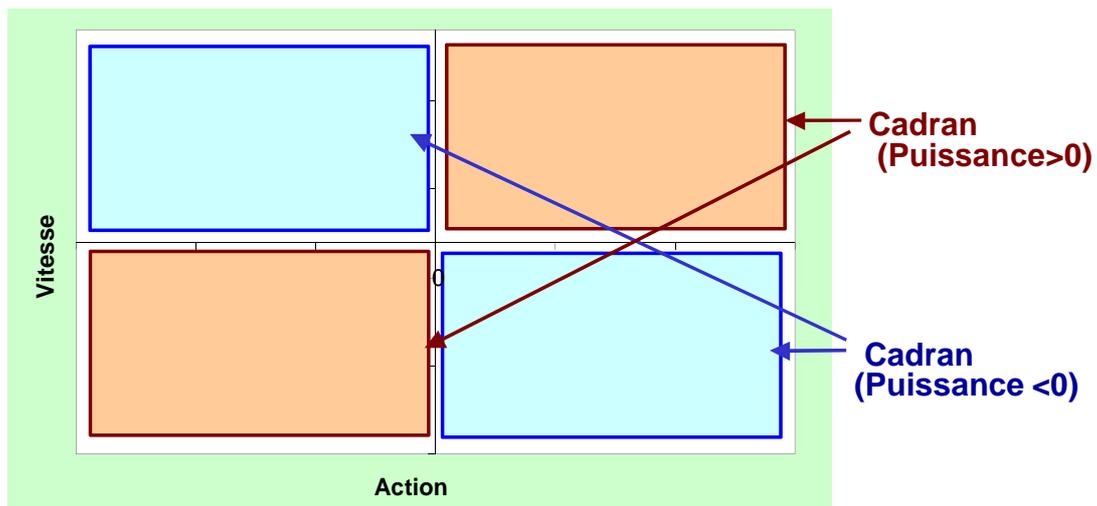
Figure 1 Exemple d'un schéma bloc d'un système.

DEFINITION

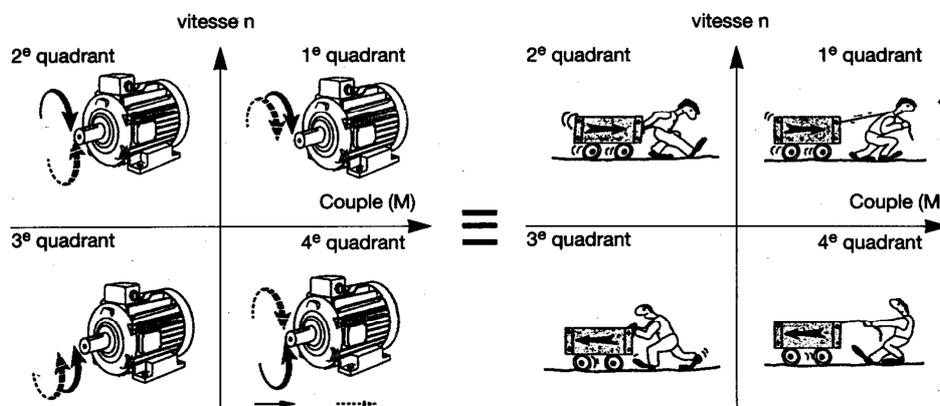
Le plan de puissance est un outil descriptif de la puissance émise, transmise ou reçue par un système électromécanique. Il se présente sous la forme d'un graphique (Action Vitesse) où l'Action est un effort (N) ou un couple (N.m) et la Vitesse est linéaire (m/s) ou de rotation (rad/s). On peut remarquer que le produit (Action x Vitesse) est homogène à une puissance :

$$\text{Puissance} = \text{Action} \times \text{Vitesse}$$

La figure ci-dessous représente un plan de puissance type. On remarque sur ce graphique que pour deux combinaisons du couple (Action, Vitesse) le système est moteur (Puissance > 0), et que pour deux autres combinaisons le système joue le rôle de frein (Puissance < 0).



De façon plus imagière, voici les modes de fonctionnement en fonction des cadrans :



Il est donc possible de tracer des courbes de puissance d'un système dans son plan de puissance (d'où son nom bien sûr !).

Dans la suite du cours, nous nous placerons dans le 1^{er} cadran.

POINTS DE FONCTIONNEMENT

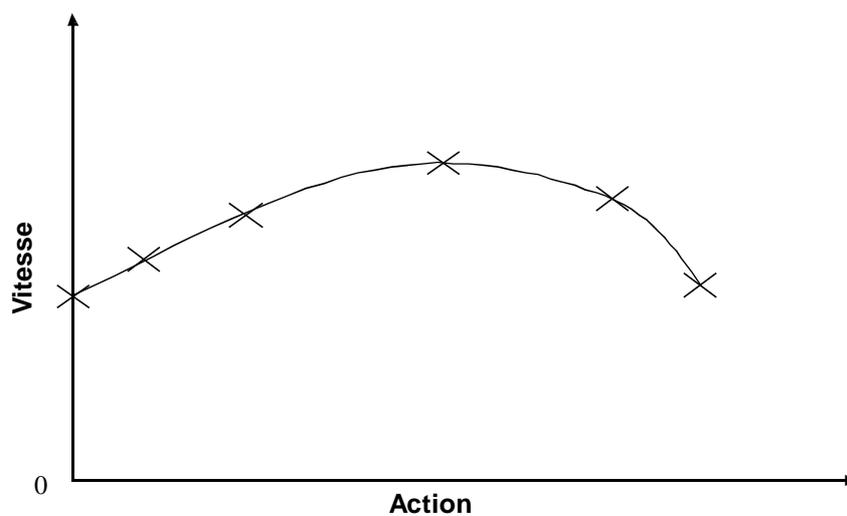


Figure 2 Exemple d'un plan de puissance

Durant l'utilisation d'un mécanisme, il existe plusieurs temps appelés **points de fonctionnement**.

Chaque point de fonctionnement est défini par une valeur en Action et une valeur en Vitesse. Chaque point de fonctionnement possède ainsi sa valeur de puissance. Sur la Figure 2, ces points sont représentés par des croix. L'ensemble des points de fonctionnement forme une courbe de fonctionnement.

Il existe généralement au minimum 3 points de fonctionnement qui correspondent :

- Au démarrage du système : vitesse nulle
- Pendant le fonctionnement normal
- Quand le système fonctionne à vide (sans la charge) : vitesse maximale

Pour un moteur, on appelle charge, le dispositif mécanique qui **impose** les caractéristiques 'Vitesse, Action'. (Exemple. Pour un ascenseur, c'est la vitesse de déplacement souhaitée qui impose la fréquence de rotation, et la masse à déplacer qui impose le couple).

DANS TOUS LES CAS, C'EST LA CHARGE QUI **IMPOSE LE POINT DE FONCTIONNEMENT NOMINAL D'UNE MACHINE ELECTRIQUE.**

CARACTERISTIQUES DU PLAN DE PUISSANCE

Pour une puissance donnée, il existe un ensemble de points de puissance identique mais en différentes positions dans le plan puissance, ces points forment des courbes d'isopuissance. Leur équation est donc $Vitesse = Puissance / Action$. Ces courbes sont représentées en pointillés sur la figure suivante.

Il existe sur un plan de puissance quelques valeurs remarquables représentées sur la figure suivante :

- la vitesse maximale : le trait horizontal,
- L'action maximale : le trait vertical,
- La courbe de puissance maximale : tangente au point de fonctionnement maximum,
- La courbe de puissance apparente : tangente au point virtuel de coordonnées (Action maximale, Vitesse maximale).

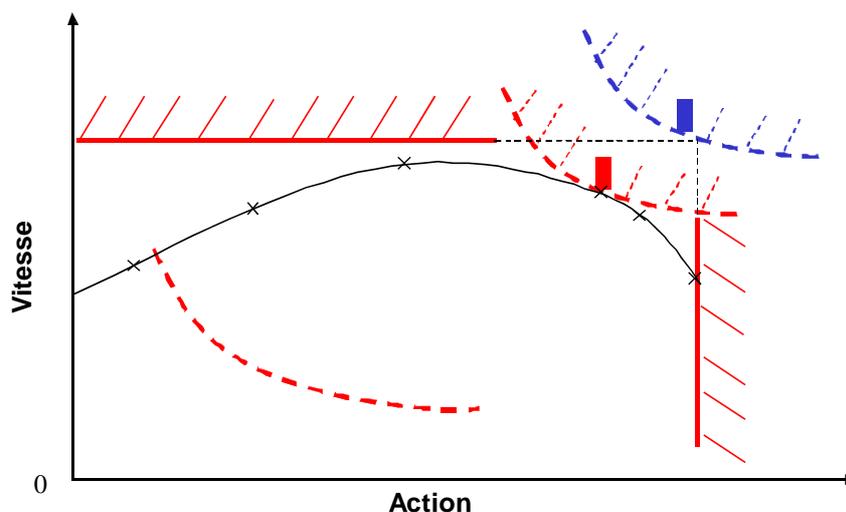


Figure 3 Exemple d'un plan de puissance

UTILITE DE PLAN DE PUISSANCE

Le plan de puissance est un outil de vérification. Il permet de valider graphiquement qu'un organe ne demande pas plus d'énergie que le système peut en apporter, ou trouver la puissance nécessaire en fonction de la charge.

Ainsi, pour valider le choix d'un moteur, il est possible d'exprimer la puissance de sortie en fonction de la puissance en entrée du mécanisme, grâce au travail précédent autour du schéma bloc (cf Figure 1). Le plan de puissance obtenu peut alors être comparé à celui du moteur donné par le constructeur. L'étape finale consiste alors à choisir un moteur dont les capacités (sa courbe caractéristique dans son plan puissance) sont suffisantes pour couvrir les points de fonctionnement exigés par la puissance de sortie.

CONSEIL D'ELABORATION DE PLAN DE PUISSANCE

- Elaborer sous Excel le plan puissance
- Faire ressortir la puissance maximale et la puissance apparente
- Dimensionner en puissance = trouver 3 points de fonctionnement minimum

Organisation d'une feuille de calcul :

*Une feuille de calcul doit être utile et réutilisable ultérieurement, par une autre personne.
Pour mieux permettre la capitalisation de la connaissance et du travail :*

pensez à la traçabilité,

bien identifier :

- les données (*propriétaire = client*),
- les choix de conception (*propriétaire = concepteur*),
- les résultats de calcul,

indiquez les unités et les hypothèses.

EXEMPLE D'APPLICATION

L'objet de ce chapitre est de donner les éléments méthodologiques essentiels permettant la détermination des données de puissance nécessaires au choix du moteur qui mettra en mouvement la parabole, ceci en connaissant :

- les dimensions et caractéristiques du système bras + parabole,
- les performances attendues (angles, déplacements, vitesses,...) sur les mouvements de la parabole.



Pour atteindre cet objectif, une méthode proposant notamment l'utilisation du « plan de puissance » sera présentée.

Données du problème :

Extraits de la Spécification de la parabole :

Performance

PUISSANCE MECANIQUE SUR LA CHARGE

La position angulaire de la parabole doit pouvoir être modulée entre $+5^\circ$ et $+95^\circ$. Le vérin devra présenter une course de butée à butée permettant une réserve de 2° par rapport à la course précédente.

Le vérin doit être capable d'entraîner la parabole dans les conditions suivantes :

- moment d'activation de parabole supérieur à 250 Nm à vitesse nulle
- vitesse angulaire de parabole, à vide, supérieure à $30^\circ/\text{s}$
- vitesse angulaire de parabole de $25^\circ/\text{s}$ en présence de vent produisant un moment résistant de 100 Nm

MASSE

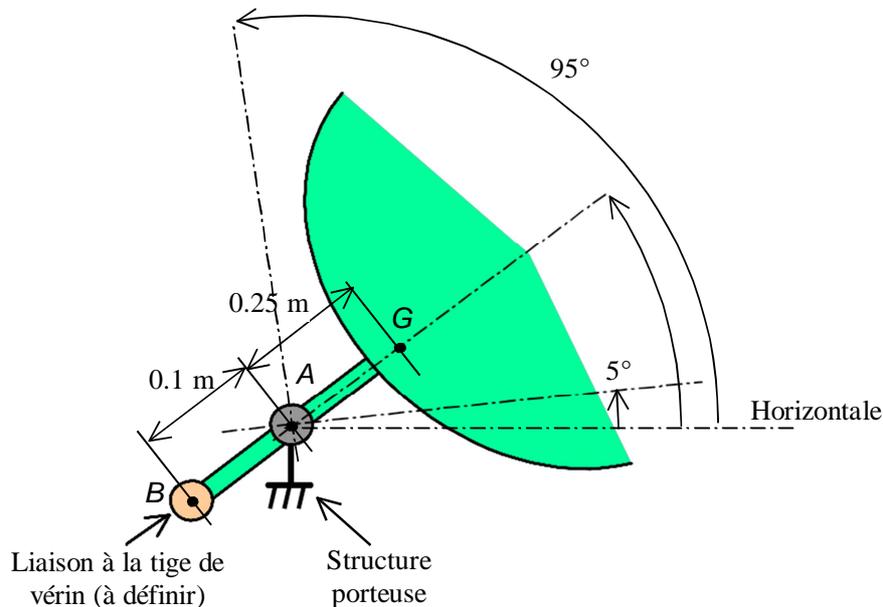
La masse du vérin doit être inférieure à 3.5 kg.

Masse totale de la parabole et du bras = 50 kg

Sollicitations mécaniques

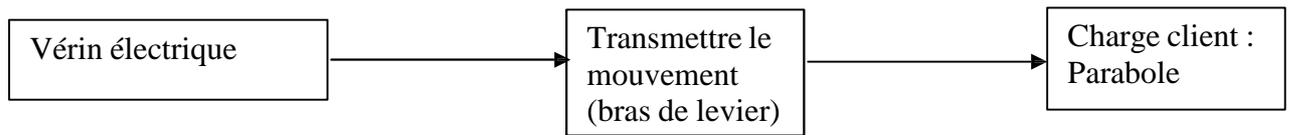
STATIQUE

La charge axiale limite appliquée par la parabole sur le vérin correspond à un moment de 100 Nm. La charge ultime est définie à 1.5 fois la charge limite. La charge limite ne doit pas entraîner de déformation permanente du vérin. La charge ultime ne doit pas entraîner de rupture du vérin.



Résolution du problème

Chaîne de puissance du système



Nous désirons connaître les caractéristiques du vérin électrique pour faire fonctionner la parabole. Pour cela il faut déterminer les puissances en amont et en aval des différents organes.

Plan de puissance de la parabole en sortie du système (au point A)

La parabole correspond à la charge. Les puissances recherchées sont donc des puissances que devra fournir le système pour que la parabole puisse être orientée.

- points de fonctionnements :
 - vitesse de $0^\circ/\text{s}$ pour un couple résistant de 250 Nm
 - vitesse de $25^\circ/\text{s}$ pour un couple résistant de 100 Nm
 - vitesse de $30^\circ/\text{s}$ à vide

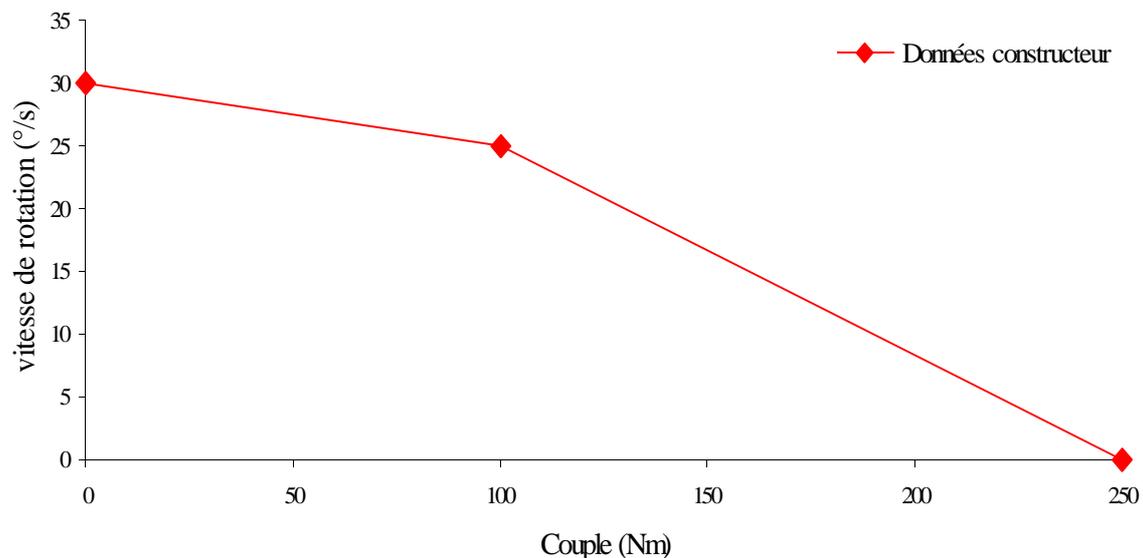


Figure 5 Plan de puissance de la parabole au point A

Sur ce plan de puissance, il est possible de faire aussi apparaître P_{\max} , $P_{\text{apparente}}$:

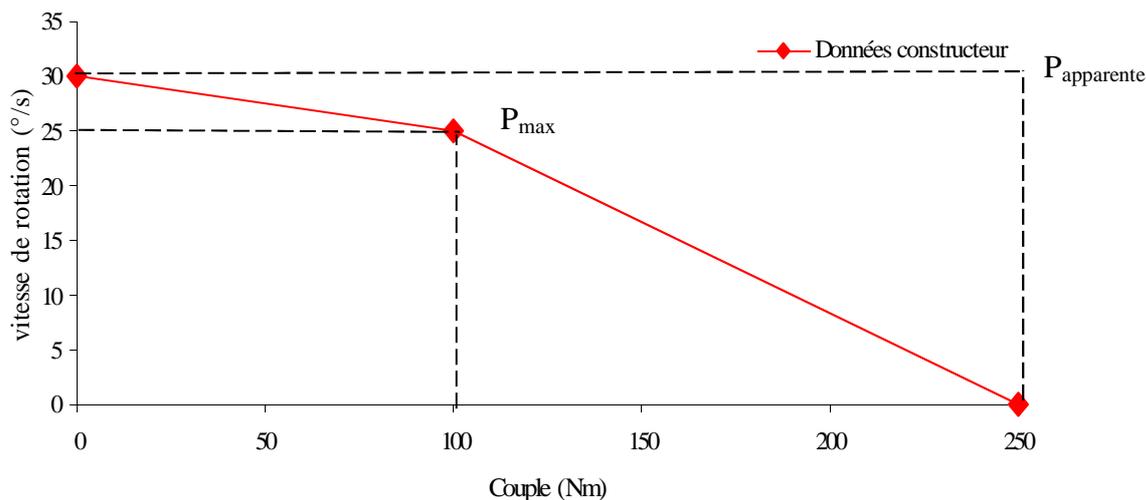


Figure 6 Plan de puissance de la parabole au point A avec P_{\max} et $P_{\text{apparente}}$

Plan de puissance de l'organe « Transmettre le mouvement » (au point B)

Connaissant le plan de puissance en aval du bloc « Transmettre le mouvement » (qui est le plan de puissance de la parabole) il est possible de connaître le plan de puissance en amont.

Cette partie « Transmettre le mouvement » transforme le mouvement de translation du vérin électrique en mouvement de rotation pour la parabole. Ce plan de puissance sera donc exprimé en Vitesse de translation et Force.

Soit K le facteur de réduction / transformation :

$$\text{Couple} = K \cdot \text{Force}$$

$$\text{Vitesse de rotation} = 1/K \cdot \text{Vitesse de translation}$$

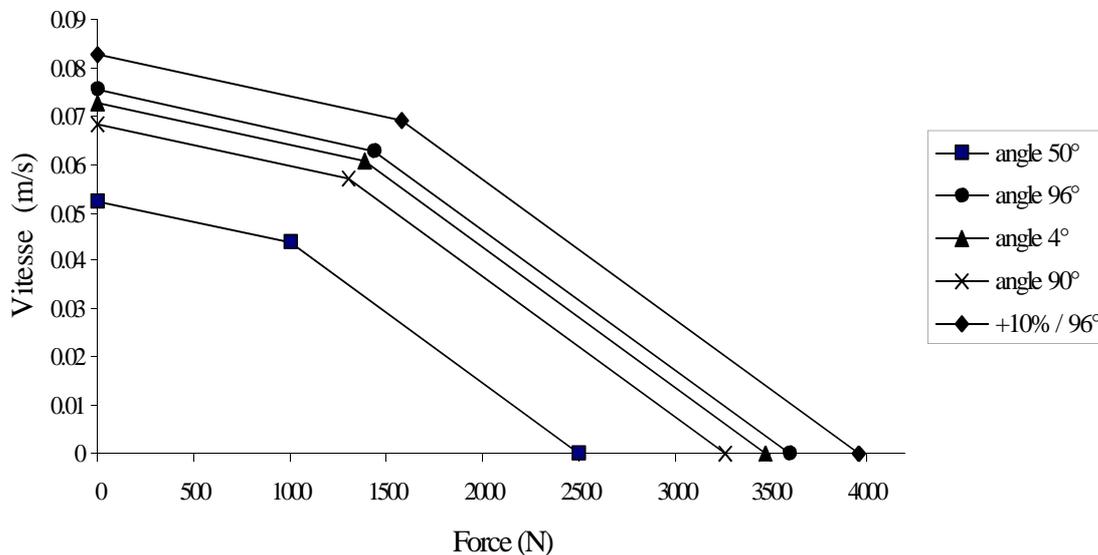


Figure 7 Plan de puissance en aval de « transmettre le mouvement »

On peut remarquer qu'en fonction de l'angle d'inclinaison de la parabole, différentes courbes peuvent exister. Il faut bien sûr prendre la courbe nécessitant le plus de puissance.

La conception consistera donc à créer un vérin qui développe au point B (aval de « transmettre le mouvement » un ensemble (force, vitesse) supérieur à celui qui a été obtenu à partir des données du cahier des charges (cf. Figure 7).