

NOTIONS D'ASSERVISSEMENT LINÉAIRE

I- Définition d'un système asservi

II- Schéma fonctionnel

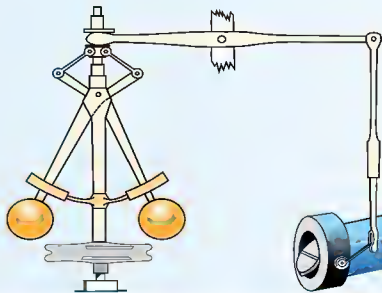
- 1- Traducteur de consigne
- 2- Capteur
- 3- Comparateur
- 4- Actionneur
- 5- Chaîne d'action
- 6- Chaîne de réaction

III- Fonction de transfert (Transmittance)

- 1- Détermination par la méthode algébrique
- 2- Détermination par la méthode graphique

IV- Applications

- 1- Asservissement de position
- 2- Asservissement de vitesse



À gauche le premier régulateur à boules utilisé dans la machine de *James Watt* en 1776.

À droite un Segway P.T. qui est un gyropode inventé par *Dean Kamen* en 2010.



CONTENU
DU PROGRAMME

OBJECTIFS
DU PROGRAMME

- ☞ OS A₄₁ - Décrire qualitativement un système asservi en fonctionnement.
- ☞ OS A₄₂ - Modéliser un système asservi par un schéma fonctionnel.
- ☞ OS A₄₃ - Déterminer la fonction de transfert d'un système asservi.
- ☞ OS A₄₄ - Mettre en œuvre un système asservi.

NOTIONS D'ASSERVISSEMENT LINÉAIRE

A. MISE EN SITUATION

I- Introduction:

L'Homme, durant sa vie, se heurte fréquemment à des phénomènes répétitifs, complexes, pénibles et délicats à résoudre. Dans ce cadre, on cite le maintien de la température de son logement à une valeur constante, du niveau d'eau dans un réservoir ou la poursuite en temps réel d'une cible.

Pour ce faire, il a essayé d'automatiser les systèmes qu'il utilise afin d'une part de réduire ses interventions directes et d'autre part de faire face aux influences d'origines externes sur le comportement de ces dits systèmes.

II- Energie photovoltaïque:

Face à l'épuisement programmé des énergies fossiles et à leur impact négatif sur l'environnement, les énergies renouvelables (énergie solaire, éolienne, biomasse...) s'imposent comme solution d'avenir pour satisfaire de façon durable les besoins énergétiques mondiaux.



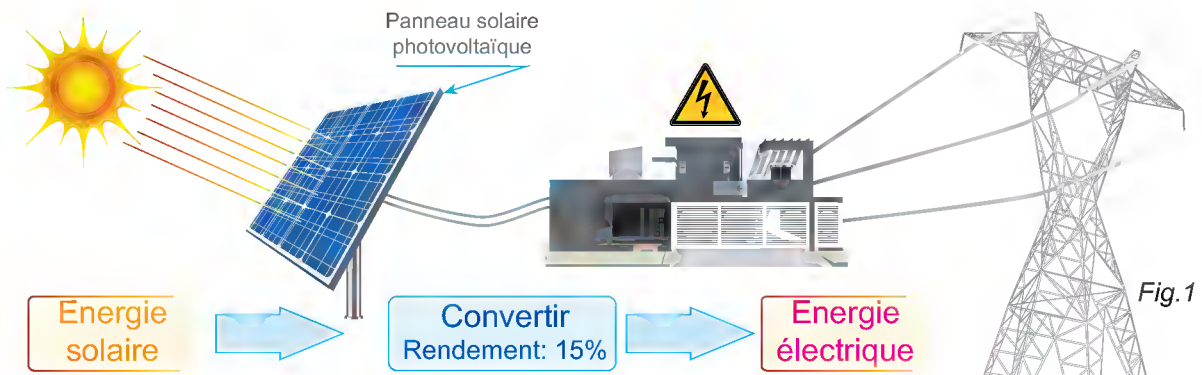
1- L'énergie solaire

Moins aléatoire et plus facile à capter que l'énergie éolienne, l'énergie solaire est une source d'énergie 100% écologique et disponible par tout en tout point de la planète.

Deux grandes filières permettent d'exploiter l'énergie solaire : le solaire thermique et le solaire photovoltaïque.

2- L'énergie photovoltaïque

Dans le secteur du solaire photovoltaïque, l'énergie solaire est transformée en énergie électrique (Fig.1).



Lorsqu'un panneau photovoltaïque est fixe par rapport au sol et orienté vers le sud son rendement énergétique n'est pas constant au cours de la journée, le mauvais angle d'éclairement du panneau diminue le rendement de la production électrique.

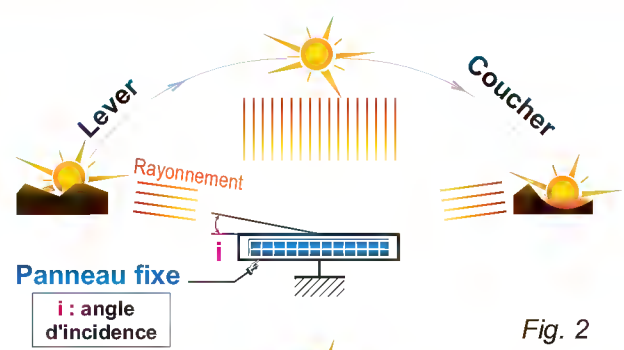


Fig. 2

Lorsqu'un système suiveur oriente le panneau solaire en le faisant pivoter en direction du soleil et en maintenant en permanence un angle d'incidence des rayons « *i* » idéal, voisin de 90°, la production électrique par m² de panneau atteint alors son maximum.

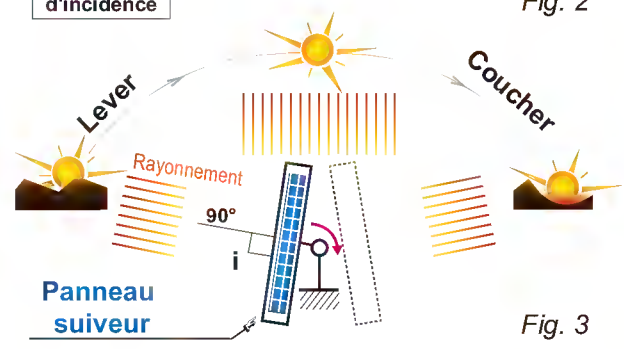


Fig. 3

À titre d'exemple un panneau solaire fixe d'une surface de 3 m² produit par jour d'ensoleillement 5 kWh d'énergie électrique. La même installation, mais équipée d'un suiveur peut fournir jusqu'à 10 kWh par jour.

3- Coordonnées du Soleil :

Pour un observateur situé en un lieu précis de la surface terrestre (latitude + longitude), la position du soleil dans le ciel, à un instant donné (date + heure), peut être repérée par 2 coordonnées angulaires (fig. 4) :

- ☞ L'AZIMUT : angle mesuré par rapport au sud dans un plan horizontal,
- ☞ L'ÉLEVATION : angle mesuré par rapport à l'horizontale dans un plan vertical.

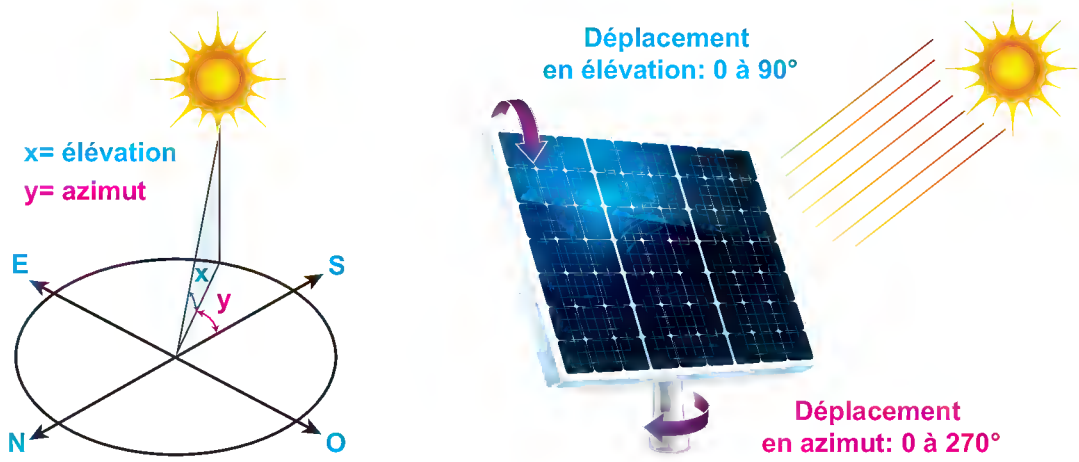


Fig. 4

Le déplacement apparent du soleil est d'environ 240° en Azimut et de 70° en élévation sous nos latitudes.

AUTOMATIQUE

N.B: En tout point de la surface terrestre, la trajectoire apparente du soleil varie selon :

- ✎ le jour de l'année ;
- ✎ la latitude du lieu considéré.

Problématique:

- ✎ Que peut-on utiliser pour avoir la réception maximale des rayons solaires à tout instant ?
- ✎ Quel procédé peut-on utiliser pour positionner automatiquement un panneau photovoltaïque pour suivre la trajectoire du soleil ?
- ✎ Comment atteindre rapidement la bonne position pour atteindre la puissance optimale ?

SOLUTIONS:

SUIVEUR DE TRAJECTOIRE POUR PANNEAU SOLAIRE

Parmi l'ensemble des technologies mobilisables pour répondre à cet enjeu, deux familles de solutions s'affrontent :

- ✎ Les suiveurs programmés (nécessitant des calculs de prévision de la trajectoire solaire) ;
- ✎ Les suiveurs à capteurs (nécessitant la détection en temps réel de la position solaire).

Dans la deuxième famille de solutions, le fonctionnement est supervisé entre autre par deux capteurs solaires. La carte de commande du suiveur place en permanence le panneau solaire face au soleil.

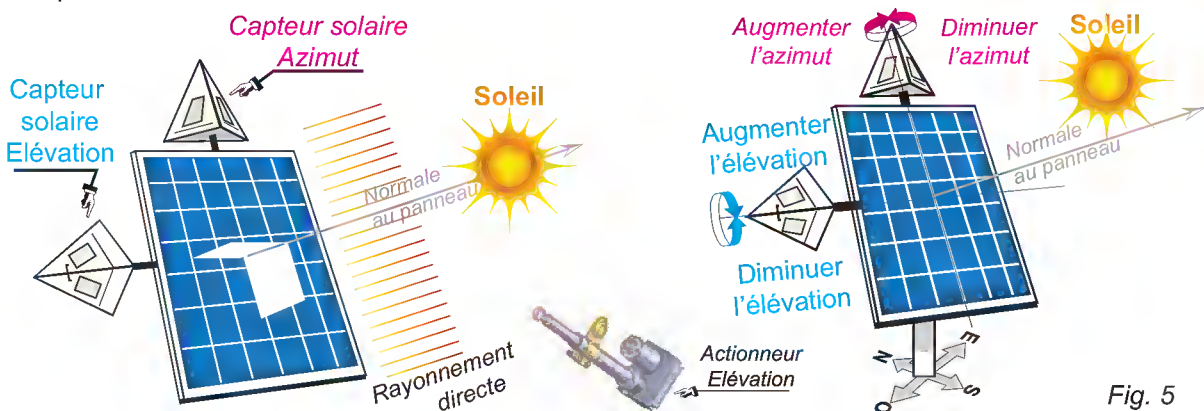


Fig. 5

La phase de suivi se résume à augmenter ou à diminuer l'azimut et/ou l'élevation du panneau solaire, pour cela il faut :

- ✎ Détecter la position du soleil (**mesurer par un capteur**) ;
- ✎ **Comparer** la position du panneau à celle du soleil ;
- ✎ **Agir** sur l'actionneur pour pointer le panneau solaire en direction du soleil.

Un tel système est ni **combinatoire** ni **séquentiel** il s'agit **d'un système asservi**.

B. SYSTÈMES ASSERVIS

I- Définition d'un système asservi:

On dit qu'un système est asservi lorsque la grandeur de sortie est prélevée par un capteur, puis utilisée pour élaborer un signal de retour qui est comparée à un signal d'entrée (consigne). L'écart trouvé (ϵ) entre les deux est utilisé pour faire évoluer le système dans le sens d'une réduction de cet écart.

II- Structure générale d'un système asservi:

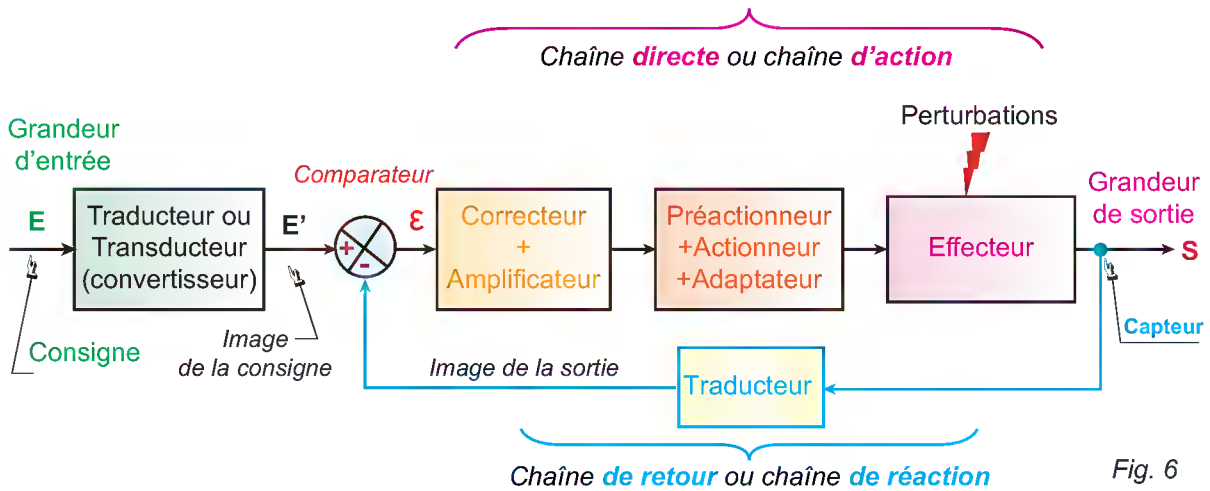


Fig. 6

1- Principaux composants du système asservi

Les composants d'un système asservi sont:

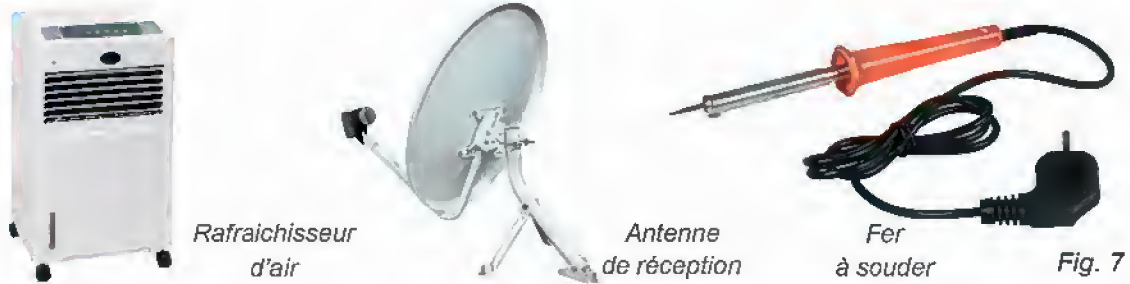
- ✎ **Traducteur:** il convertit le signal d'entrée en un signal compatible au système à asservir;
- ✎ **Capteur:** Il prélève la grandeur de sortie;
- ✎ **Comparateur:** il fournit l'écart entre la consigne et la sortie;
- ✎ **Actionneur ou organe de puissance:** C'est le processus du système, il génère la grandeur que l'on désire asservir à travers un effecteur;
- ✎ **Correcteur:** Son rôle est d'ajuster l'action à partir de l'écart ou l'erreur;
- ✎ **Régulateur:** C'est l'ensemble {comparateur+correcteur};
- ✎ **Perturbations:** Ce sont des signaux d'entrée qui influent sur le processus de manière indésirable et altèrent le signal de sortie.

2- Modes de fonctionnement des systèmes:

Les systèmes techniques se distinguent par deux modes de fonctionnement:

a. En boucle ouverte : L'état de la sortie ne dépend que de la nature du système et de l'état d'entrée.

EXEMPLES:



b. En boucle fermée: L'état de la sortie dépend de la nature du système, de l'état de l'entrée et des états antérieurs de la sortie.

EXEMPLES:

Le climatiseur, le fer à souder thermostatique, le radar de poursuite.



III- Schéma fonctionnel d'un système asservi:

1- Définition.

Un schéma fonctionnel est une représentation simplifiée d'un processus mis en œuvre. En d'autres termes, c'est un graphisme qui fait intervenir des symboles élémentaires de type sommateur, comparateur, capteur...etc

On distingue quatre types d'éléments graphiques.

2- Symboles :

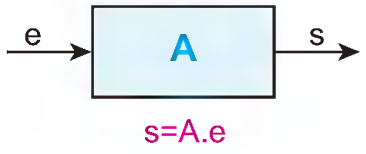
➤ Flèche: représente une grandeur d'entrée ou de sortie ainsi que son orientation.

Grandeur physique

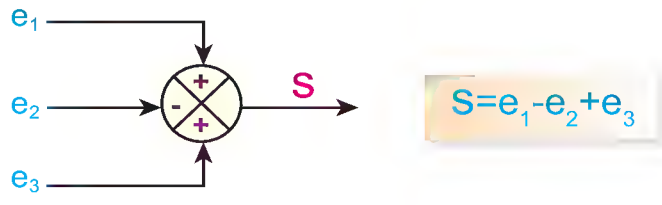


NOTIONS D'ASSERVISSEMENT LINÉAIRE

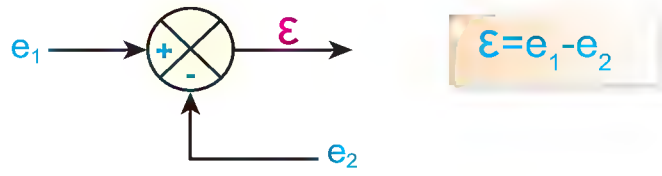
Bloc: C'est une représentation graphique d'un composant à l'intérieur de laquelle est inscrit le nom du composant ou la fonction mathématique associée.



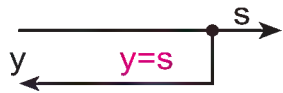
✎ **Sommateur:** Les sommateurs permettent d'additionner et soustraire des variables possédant plusieurs entrées mais une seule sortie.



✎ **Comparateur:** C'est un cas particulier des sommateurs, il permet de faire la différence entre deux entrées.



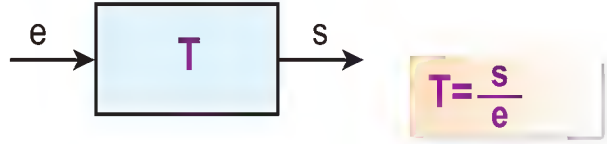
✎ **Capteur:** Point de prélèvement ou de jonction qui fournit une image de la grandeur de sortie par sa mesure.



IV- Fonction de transfert d'un système asservi

1- Définition.

La fonction de transfert **T** ou transmittance du système est le quotient :



La fonction de transfert caractérise le fonctionnement du système et son comportement. Elle ne dépend que de ses caractéristiques physiques.

2- Réduction des schémas fonctionnels

a. Définition

Simplifier un schéma ou le réduire revient à lui faire des transformations pour mettre en évidence la fonction de transfert. Pour ce faire, nous utilisons un certain nombre de règles élémentaires qui sont:

RÈGLE	STRUCTURE	SCHEMA FONCTIONNEL	SCHEMA ÉQUIVALENT
01	Bloc en série		
02	Blocs en parallèle		
03	Déplacement d'un capteur		
04	Déplacement d'un comparateur		
05	Extraction d'un bloc hors d'une boucle de retour		

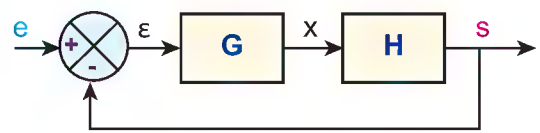
NB: Ci-dessus les principales règles utiles, sans prétendre qu'elles sont exhaustives.

b. Passage d'un système d'équations à un schéma fonctionnel

EXEMPLE 1

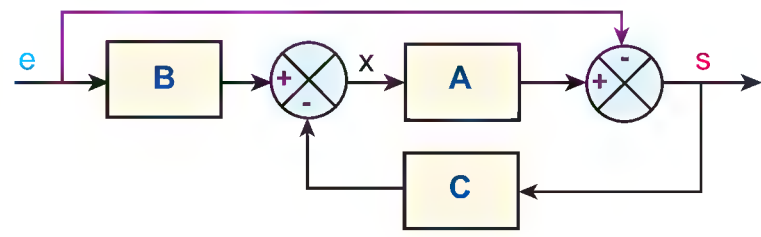
Soit les équations suivantes : e est l'entrée, s est la sortie :
 $\epsilon = e - s$, $s = H.x$ et $x = G. \epsilon$

Le schéma fonctionnel correspondant est le suivant:



EXEMPLE 2

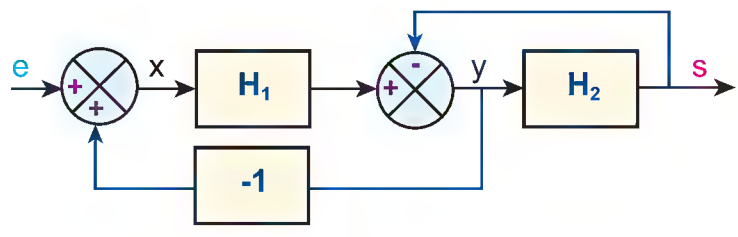
Soit les équations suivantes : e est l'entrée, s est la sortie:
 $x + C.s = B.e$ et $A.x - s = e$



c. Passage d'un schéma fonctionnel à un système d'équations

EXEMPLE 1

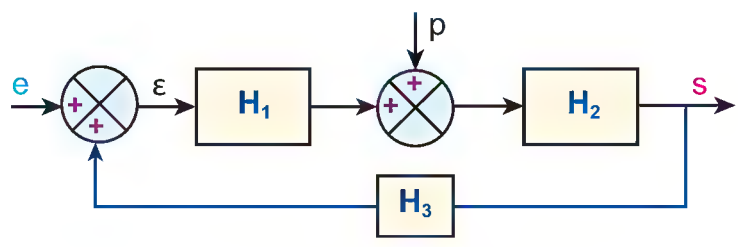
Soit le schéma fonctionnel suivant:



Équations: $x = e - y$, $y = H_1 . x$ et $s = H_2 . y$

EXEMPLE 2

Soit le schéma fonctionnel suivant:



Équations: $\epsilon = e - H_3.s$ et $s = (\epsilon.H_1 + p).H_2$

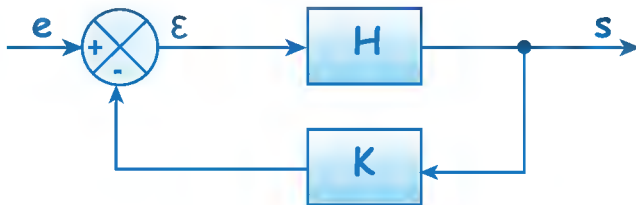
V- Formule de Black

Le schéma type d'un système asservi est composé d'un comparateur (soustracteur idéal) fournissant la différence entre l'entrée et la sortie appelée erreur ε , d'une chaîne directe composée d'un correcteur, du système considéré de gain H et d'une chaîne de retour de gain K .



Harold S. Black
(1898-1983) était un ingénieur électrique américain qui a révolutionné l'électronique en inventant le premier amplificateur à contre réaction en 1927.

Déterminons la fonction de transfert ou transmittance T du système en question:



$$\varepsilon = e - K.s \text{ et } s = H.\varepsilon,$$

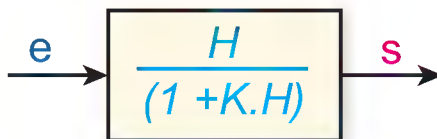
Remplaçons ε par son expression: $s = H.(e - K.s) = H.e - K.H.s$
 $s(1 + K.H) = H.e \Rightarrow s = H.e / (1 + K.H)$

$$s = \frac{H}{(1 + K.H)} . e$$

Cette expression donne la sortie s en fonction de la consigne e et des paramètres d'asservissement. Le rapport s/e est appelé transmittance ou fonction de transfert noté T .

$$T = \frac{s}{e} = \frac{H}{(1 + K.H)}$$

Cette relation connue sous le nom de formule de Black, réduit le schéma fonctionnel précédent à la forme ci-dessous.



VI- Asservissement et régulation

Deux situations peuvent se présenter dans la pratique:

1- Cas où la consigne est constante on parle alors de régulation.

EXEMPLES:

- ✎ Régulation du niveau d'eau dans un réservoir.
- ✎ Régulation de la température dans un four.
- ✎ Régulation de la vitesse d'un moteur.

2- Cas où la consigne est variable avec le temps, on parle alors d'asservissement.

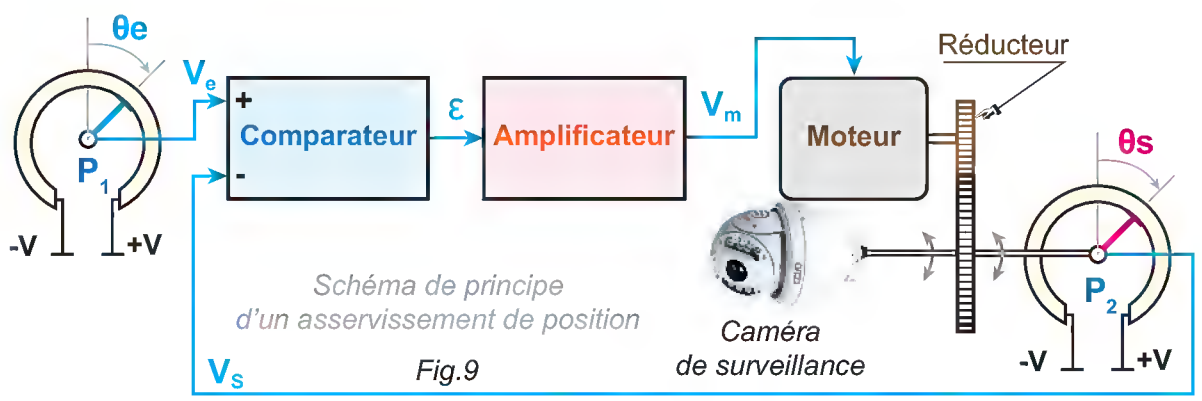
EXEMPLES:

- ✎ Une machine outil à commande numérique;
- ✎ Un missile qui poursuit une cible;
- ✎ Un suiveur de trajectoire solaire.

VII- Applications des systèmes asservis :

1- Asservissement de position

Le système ci-dessous permet d'asservir la position angulaire θ_s d'un caméra de surveillance à une consigne d'entrée matérialisée par la position angulaire θ_e d'un potentiomètre circulaire P_1 . En d'autres termes, il est souhaité que ce dispositif fasse en sorte que la position angulaire du caméra soit la recopie de celle du potentiomètre d'entrée et ceci à tout instant.



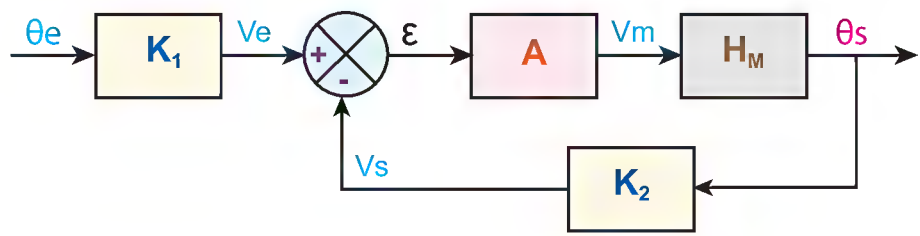
On distingue cinq sous-ensembles distincts formant le schéma-bloc :

- ✎ Le potentiomètre d'entrée P_1 , qui réalise une conversion angle/tension
- ✎ Le comparateur qui donne la différence entre les deux tensions $\epsilon = V_e - V_s$
- ✎ L'amplification du résultat par l'amplificateur opérationnel.
- ✎ Le moteur qui réalise une conversion tension/position.
- ✎ Le potentiomètre de sortie P_2 , qui réalise une conversion angle/tension.

Si on désigne par :

- K_1 le gain du potentiomètre P_1
- K_2 le gain du potentiomètre P_2
- A le gain de l'Amplificateur
- H_M La transmittance du (moteur+réducteur).

Le système peut être représenté par le schéma fonctionnel suivant:



AUTOMATIQUE

2- Asservissement de vitesse d'un moteur à courant continu :

Un moteur à courant continu à aimants permanents, entraîne une charge en rotation au moyen d'un réducteur.

Cet asservissement peut être décrit par le schéma bloc suivant :

- ✎ **M** est un moteur à courant continu commandé par la tension d'induit U_M .
- ✎ **DT** est une dynamo tachymétrique, elle tourne à la même vitesse que le moteur et délivre une tension proportionnelle à celle ci.

Le schéma fonctionnel suivant illustre son fonctionnement:

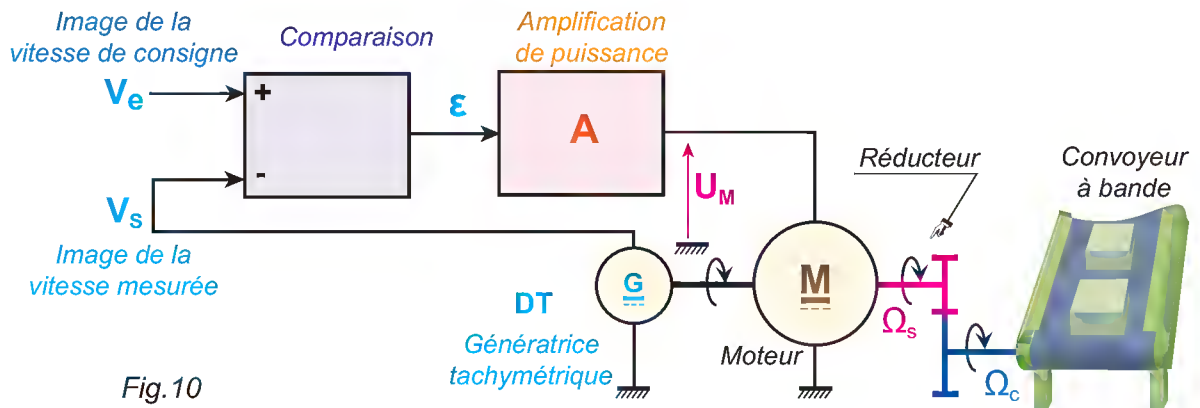
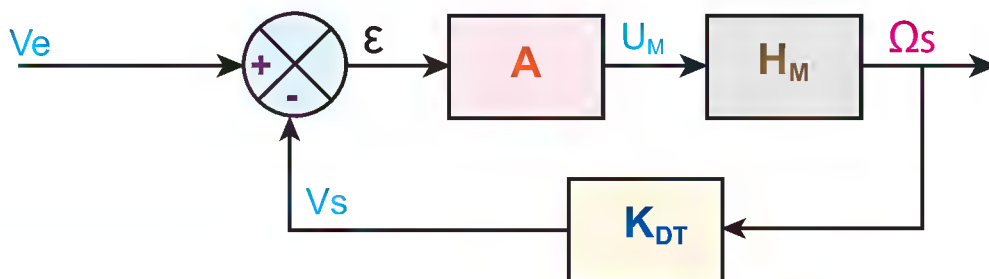


Fig.10

Pour ce système, la vitesse ne dépend que de la tension V_e .

En effet, si la charge augmente, Ω_s diminue, la tension U_M diminue, $\epsilon \uparrow \Rightarrow U_M \uparrow \Rightarrow \Omega_s \uparrow$. Donc ce système permet de compenser les perturbations dues aux variations de la charge (convoyeur à bande).



EXEMPLE D'UTILISATION

A fin de synchroniser les mouvements du robot et l'avancement du convoyeur, un asservissement de vitesse s'avère plus que nécessaire.



Fig.11

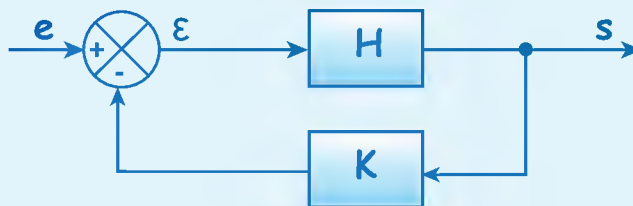
C. RÉSUMÉ

La structure générale d'un asservissement appelé aussi, système bouclé, système asservi, système à retour, système en chaîne fermée est la suivante:

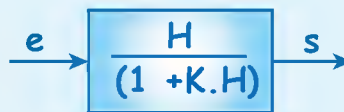
- ✂ **Chaîne directe:** Comporte l'étage de commande, de puissance du système à commander et éventuellement la perturbation;
- ✂ **Chaîne de retour:** Comporte le capteur qui donne une image (mesure) de la sortie;
- ✂ **Un comparateur** est appelé détecteur d'erreur ou d'écart, il donne la différence entre l'entrée et la sortie;
- ✂ **Schéma fonctionnel** est une représentation graphique des relations entrées/sorties. IL représente le modèle mathématique des différents blocs constituant le système;
- ✂ **Fonction de transfert** du système ainsi bouclé est appelée transmittance en boucle fermée (par opposition à la fonction de transfert en boucle ouverte) est le rapport de la sortie sur l'entrée

$$T = s/e$$

✂ Formule de black



Cette relation connue sous le nom de formule de Black, réduit le schéma fonctionnel précédent à la forme ci-dessous.



✂ Régulation et asservissement

- On appelle régulation un système asservi qui doit maintenir la sortie constante conformément à la consigne (constante) indépendamment des perturbations;

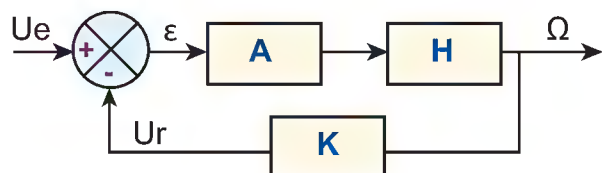
- On appelle asservissement un système asservi dont la sortie doit suivre le plus fidèlement possible la consigne qui est variable dans le temps.

D. ÉVALUATION

I- Contrôle de connaissances

Les questions peuvent admettre plus qu'une réponse.

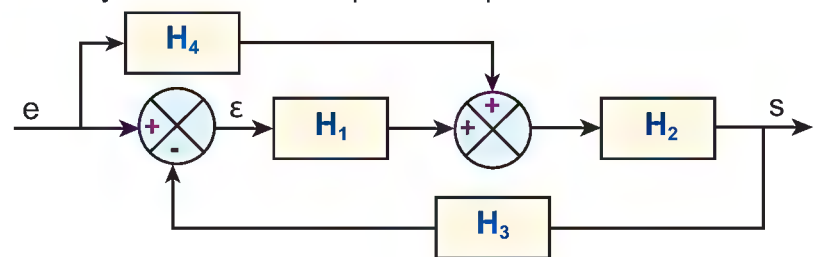
- 1- Donner les composants principaux d'un système asservi.
- 2- Quels sont les avantages de la boucle fermée par rapport à la boucle ouverte.
- 3- **Dans un fonctionnement en boucle fermée :**
 - a. La grandeur de sortie est asservie à la grandeur d'entrée ;
 - b. La grandeur d'entrée est asservie à la grandeur de sortie ;
 - c. La grandeur de sortie est fonction de la grandeur d'entrée ;
 - d. La grandeur d'entrée est fonction à la grandeur de sortie.
- 4- **Un système bouclé est un système :**
 - a. À retour unitaire;
 - b. À contre réaction;
 - c. À chaîne ouverte.
- 5- **Pour contrôler les grandeurs de sortie, on utilise des:**
 - a. Préactionneurs;
 - b. Actionneurs;
 - c. Capteurs.
- 6- **La transmittance de 2 blocs A et B en cascade est :**
 - a. A.B
 - b. A+ B
 - c. A - B
- 7- **Un système a un gain K en boucle ouverte, son gain en boucle fermée pour un retour unitaire vaut:**
 - a. $K/(1+K)$
 - b. $1/(1+K)$
 - c. $(K+1) / K$
 - d. $(1+K)/K$
- 8- **Parmi les systèmes suivants, quels sont ceux qui fonctionnent en boucle fermée :**
 - a. Un ventilateur domestique;
 - b. Une dynamo de bicyclette;
 - c. Un fer à souder thermostatique.
- 9- **Asservissement d'un moteur à courant continu**
 U_e : tension de consigne en Volt, A: coefficient d'amplification (sans unité) et Ω en rad/s.
 Que représente **K** dans le schéma fonctionnel ci-dessous?
 - a. Un capteur de vitesse;
 - b. Un capteur de position;
 - c. Le moteur à courant continu.



II- Exercices résolus

EXERCICE N°1

On considère le système asservi représenté par le schéma fonctionnel suivant :

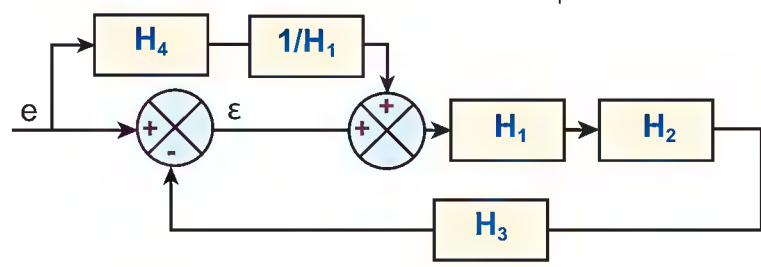


Retrouver l'expression de la fonction de transfert du système en utilisant les règles de réduction fonctionnelle.

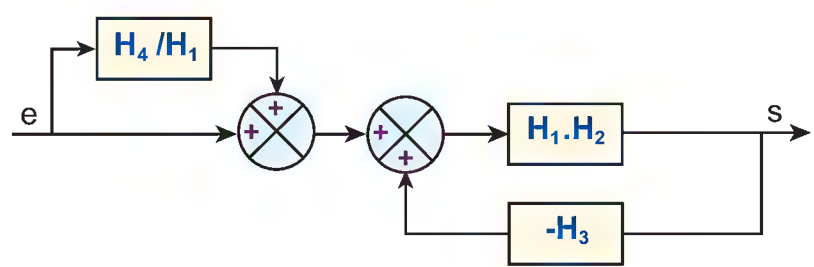
RÉPONSE

Pour pouvoir répondre on doit effectuer les trois transformations suivantes:

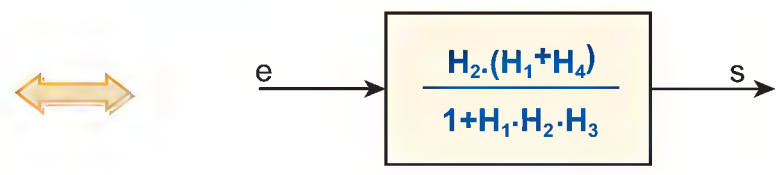
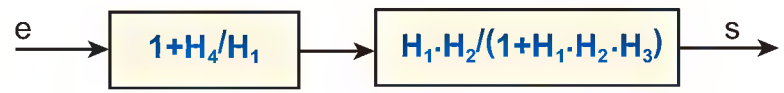
- ✎ Déplacer le sommateur d'aval en amont de H_1 .



- ✎ Associer en cascade le comparateur/sommateur
- ✎ Permuter les sommateurs



On obtient ainsi la fonction de transfert par un simple calcul.

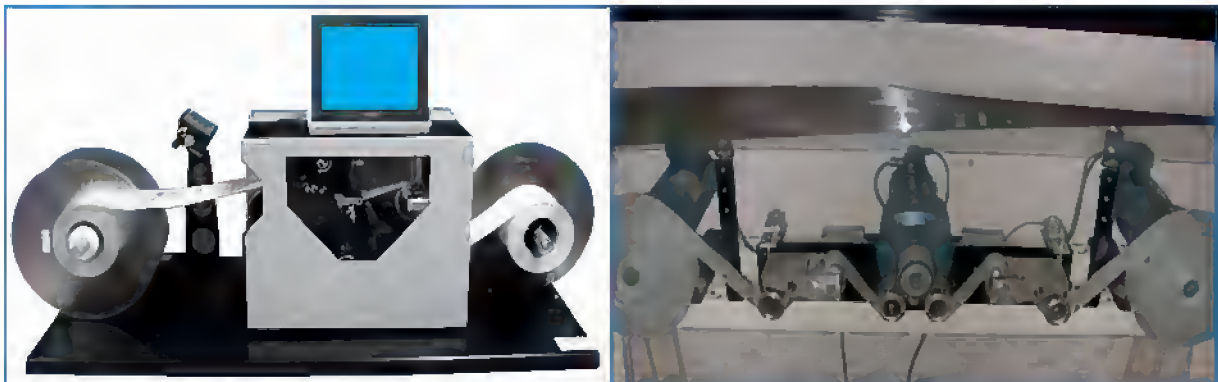


EXERCICE N°2

Asservissement de vitesse: **Bobineuse**

Une usine utilise des bobineuses pour étiquetter. Lors des opérations de bobinage la tension exercée sur le papier doit être maintenue constante pour éviter :

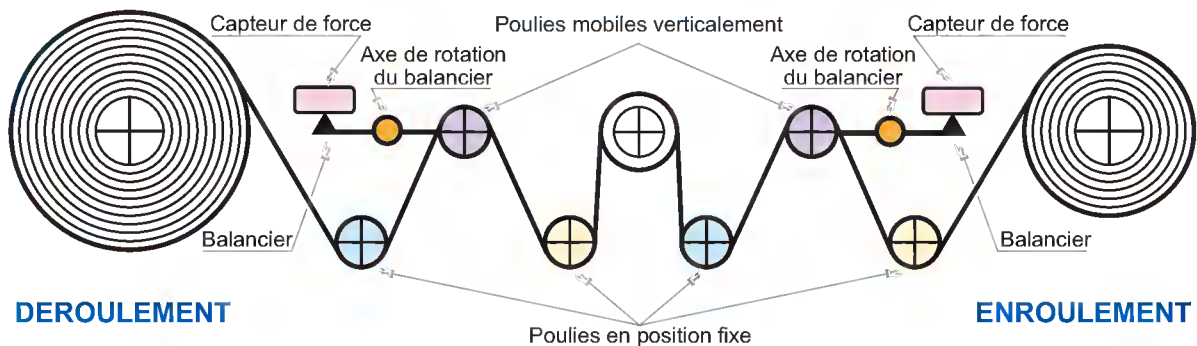
- ✎ L'allongement du papier et sa détérioration en cas de tension trop élevée;
- ✎ Les pliures du papier en cas de tension trop faible.



Un moteur tracteur central entraîne le papier à vitesse linéaire constante. La tension du papier est maintenue constante grâce à un dispositif régulateur de tension.

La force de traction du papier dépend du couple exercé par le moteur enrouleur du côté enroulement et du couple exercé par le moteur dérouleur du côté déroulement.

TRACTEUR



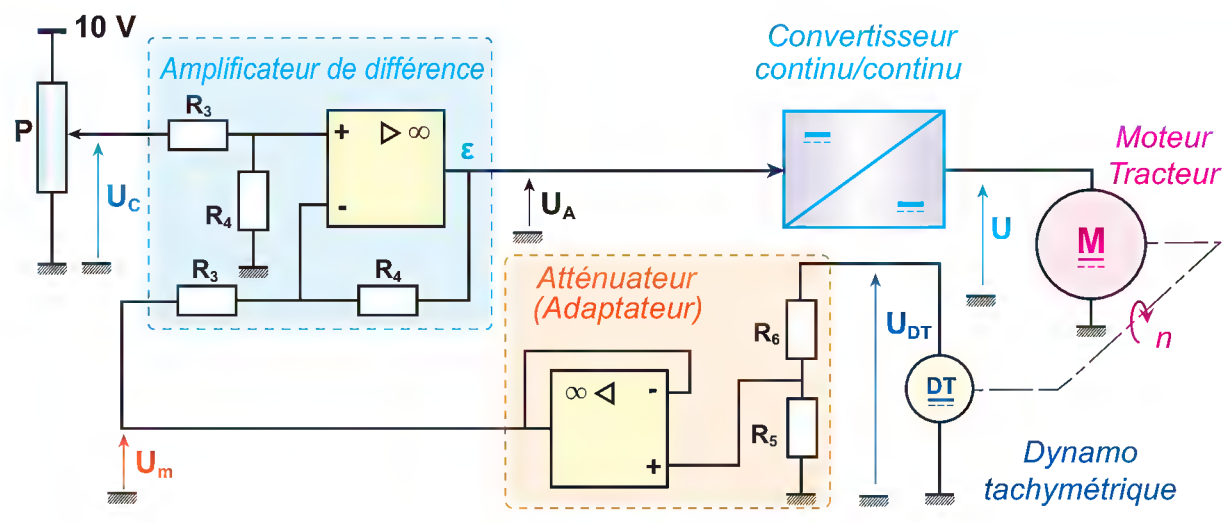
Étude de l'asservissement de vitesse du moteur-tracteur

Le papier doit être entraîné à une vitesse constante par le moteur tracteur à courant continu dont la fréquence de rotation n est fixée par le potentiomètre P et est mesurée par une dynamo tachymétrique à courant continu montée en bout d'arbre du moteur.

La dynamo tachymétrique délivre une tension $U_{DT} = 20V$ pour $n = 1000tr/min$.

Un adaptateur permet de réduire la tension U_{DT} afin que U_m varie de 0 à 10V lorsque la fréquence de rotation n du moteur varie de 0 à 1500tr/min.

Le schéma de l'asservissement de vitesse est le suivant :



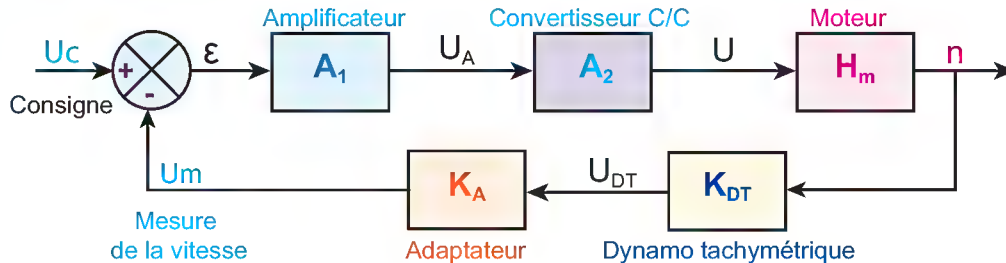
On désigne par A_1 , A_2 , H_m , K_{DT} et K_A , les transmittances respectives de l'amplificateur du convertisseur, du moteur tracteur, de la dynamo tachymétrique et de l'adaptateur.

AUTOMATIQUE

- 1- Représenter le schéma fonctionnel de l'asservissement du système asservi en vitesse.
- 2- Le système est-il en boucle ouverte ou en boucle fermée ? Quels sont les éléments qui constituent la chaîne directe ? Quels sont les éléments qui constituent la chaîne de retour ?
- 3- Quelle est la grandeur d'entrée ? Quelle est la grandeur de sortie ? Quelle est la grandeur de retour ?
- 4- Donner l'expression de la tension ϵ en fonction de U_c et de U_m , vers quelle valeur doit tendre ϵ pour que la sortie de l'asservissement de vitesse soit identique à la consigne ?
- 5- La tension U_A à l'entrée du convertisseur continu-continu vaut **5V** pour que la vitesse du moteur n prenne la valeur **1500tr/min**. L'amplification A_1 de l'amplificateur doit être faible ou grande pour assurer les conditions précédentes sur ϵ ?
- 6- Calculer la fonction de transfert K_A de l'adaptateur pour que U_m soit comprise entre **0** et **10V** lorsque la fréquence de rotation du moteur n varie entre **0** et **1500tr/min**.
- 7- La résistance R_6 est égale à **10K Ω** , calculer la valeur de la résistance R_5 .
$$U_m = V+ = R_5 / (R_5 + R_6) \cdot U_{DT}$$
- 8- Quelle doit être la valeur de U_c pour que le moteur tourne à la fréquence de rotation de **850 tr/min** ?
- 9- Sans application numérique, donner la fonction de transfert globale de l'asservissement de vitesse en utilisant la formule de Black.

SOLUTION

1- En remplaçant les composants du système par leurs transmittances respectives nous obtenons le schéma fonctionnel suivant:



2- Le système est en boucle fermée

- ↳ Chaîne directe: $\{A_1, A_2, H_m\}$ ou {amplificateur + convertisseur c/c + moteur}
- ↳ Chaîne de retour : $\{K_{DT}, K_A\}$ ou {dynamo tachymétrique + adaptateur}

3- Les différentes grandeurs:

- ↳ La grandeur d'entrée est **Uc**: consigne de vitesse;
- ↳ La grandeur de sortie est **n**: vitesse;
- ↳ La grandeur de retour est **Um**: image ou mesure de vitesse.

4- L'expression de la tension ϵ en fonction de **Uc** et de **Um**

$$\epsilon = U_c - U_m \quad \epsilon \rightarrow 0$$

5- L'amplification **A₁**

$$U_A = A_1 \cdot \epsilon \Rightarrow A_1 = U_A / \epsilon = 5 / \epsilon, \text{ L'amplification } A_1 \text{ doit être grande.}$$

6- Gain de l'adaptateur

$$U_{DT} = K_{DT} \cdot n \text{ donc } K_{DT} = U_{DT} / n = 20 / 1000 = 2 / 100 = 0.02 \text{ V.tr-1}$$

$$0 \leq U_{DT} \leq 0.02 \cdot 1500 \text{ ou encore } 0 \leq U_{DT} \leq 30 \text{ V}$$

$$U_m = K_A \cdot U_{DT} \Rightarrow U_{DT} = U_m / K_A, \text{ donc } 0 \leq U_m / K_A \leq 30 \text{ V} \Rightarrow 0 \leq U_m \leq 30 \cdot K_A \text{ or } 0 \leq U_m \leq 10 \text{ V}$$

$$\text{donc } 30 \cdot K_A = 10 \Rightarrow K_A = 10 / 30 = 1 / 3 = 0.333.$$

7- Valeur de **R₅**

$$U_m = K_A \cdot U_{DT} \text{ donc } K_A = R_5 / (R_5 + R_6) \text{ donc } R_5 \cdot K_A + R_6 \cdot K_A = R_5$$

$$R_6 \cdot K_A = R_5 - R_5 \cdot K_A \Rightarrow R_5 (1 - K_A) = K_A \cdot R_6 \Rightarrow R_5 = K_A \cdot R_6 (1 - K_A)$$

$$\text{Application numérique: } R_5 = 1 / 3 \cdot 10 (1 - 1 / 3) = 10 / 2 = 5 \text{ k}\Omega$$

8- Calcul de **Uc**

$$U_{DT} = K_{DT} \cdot n = 0.02 \times 850 = 17 \text{ V} \Rightarrow U_m = K_A \cdot U_{DT} = 17 / 3 = 5.67 \text{ V}$$

$$U_c - U_m = \epsilon \approx 0 \Rightarrow U_c = U_m = 5.67 \text{ V}$$

9- Fonction de transfert

$$T = A_1 \cdot A_2 \cdot H_m / (1 + A_1 \cdot A_2 \cdot H_m \cdot K_A \cdot K_{DT})$$

III- Exercices à résoudre

EXERCICE N°1

Le support est le véhicule auto balancé Segway. Il s'agit d'un moyen de transport motorisé qui permet de se déplacer en ville.

En termes de prestations, il est moins rapide qu'une voiture ou qu'un scooter, plus maniable plus écologique, moins encombrant et nettement plus moderne.

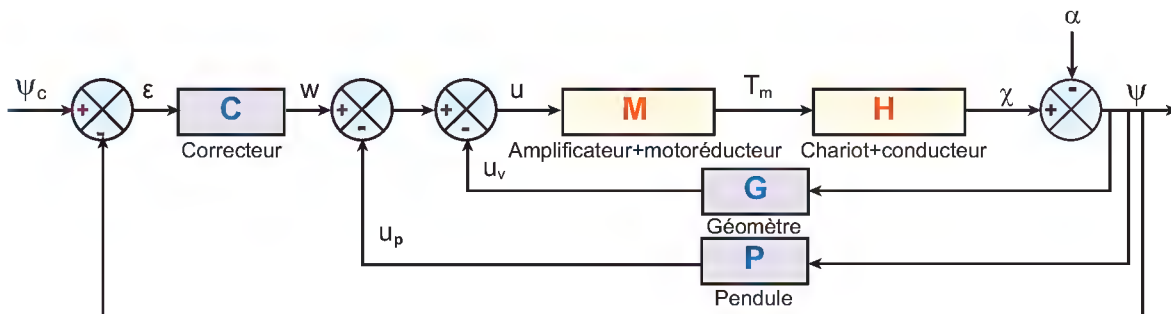
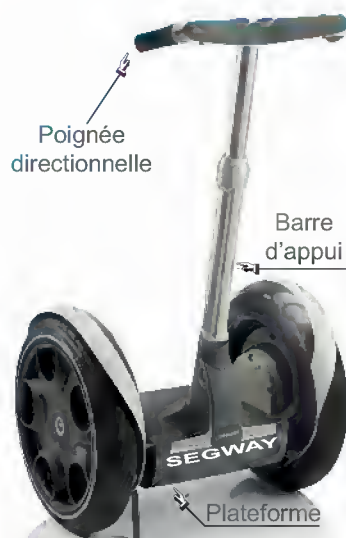
La conduite du Segway se fait alors par inclinaison du corps vers l'avant ou vers l'arrière afin d'accélérer ou freiner.

Les virages à droite et à gauche sont quant à eux commandés par la rotation de la poignée directionnelle située sur la droite du guidon.

Ce système comporte un dispositif d'asservissement d'inclinaison, maintenant la plateforme du véhicule à l'horizontale ou encore la barre d'appui, supposée orthogonale à cette plateforme, à la verticale.

Le Segway comporte à cet effet des capteurs et des microprocesseurs transmettant des consignes aux deux moteurs à courant continu équipant les deux roues.

Le schéma bloc fonctionnel du Segway est donné ci-dessous:



La chaîne d'action permettant de réguler l'inclinaison du **SEGWAY** est réalisée par:

- ✎ un ensemble **amplificateur et moto-réducteur** qui permet de délivrer un couple T_m ;
- ✎ l'ensemble **chariot et conducteur** où α est l'inclinaison du conducteur par rapport à la barre d'appui;

La partie commande est constituée:

- ✎ d'un comparateur qui élabore le signal écart $\varepsilon = \psi_c - \psi$ où ψ est l'inclinaison du plateau du chariot par rapport à la verticale et ψ_c est la position angulaire de consigne.
- ✎ d'un **correcteur** qui adapte l'écart pour commander le système avec la tension w .

- ✎ Afin de stabiliser le système, la tension de commande du moto-réducteur u est élaborée à partir de:
 - la mesure de la vitesse angulaire par un gyromètre qui fournit la tension U_v ;
 - la mesure de la position angulaire par un pendule qui fournit la tension U_p .

Travail demandé

Déterminer par la méthode de votre choix, une relation simplifiée entre la sortie ψ et les entrées ψ_c et α .

EXERCICE N°2

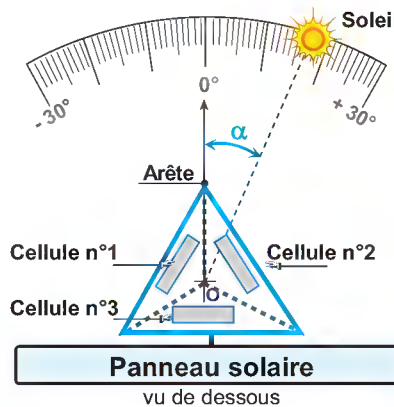
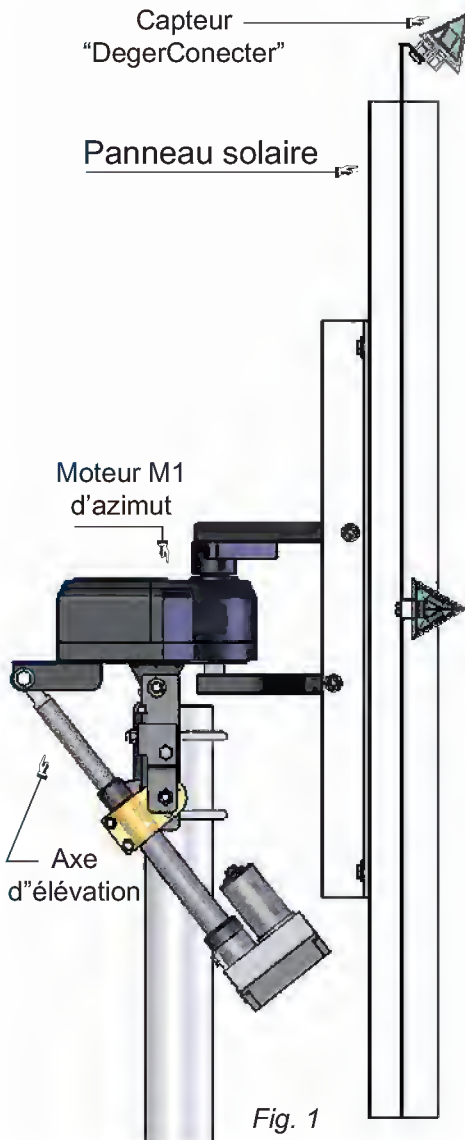
Revenons au système suiveur de trajectoire pour panneau solaire (fig. 1) présenté dans la mise en situation.

On rappelle que le fonctionnement est supervisé uniquement par deux capteurs solaires qui commandent le suiveur de façon à placer en permanence le panneau solaire face au soleil, à fin de capter le maximum de rayonnement solaire direct.

La phase de suivi se résume dans l'augmentation ou la diminution de l'azimut et/ou l'élévation du panneau solaire.

Le capteur «DegerConecter» présente la forme d'une pyramide à base triangulaire et constitue un capteur capable de percevoir la présence et la position relative d'une source lumineuse.

Chaque capteur est composé de 3 cellules sensibles à l'éclairement solaire (fig. 2):



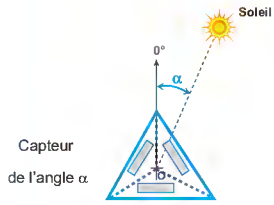
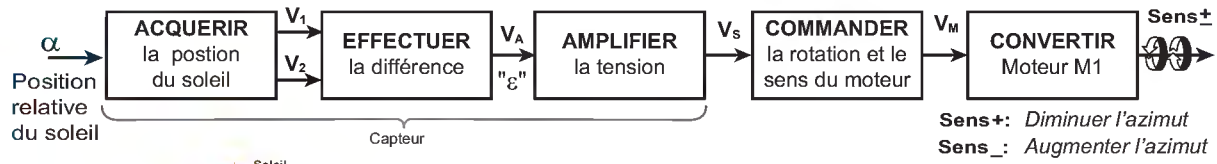
Pendant la phase de suivi solaire, les cellules n°1 et n°2 sont constamment, mais différemment, exposées aux rayons du soleil. En effet, quand le soleil se déplace, il apparaît un angle relatif α entre la direction des rayons du soleil et la normale au panneau, ce qui provoque un éclairement différent des cellules n°1 et n°2,

situées de part et d'autre de l'arête frontale du capteur. Pendant la phase de suivi, la cellule n°3 orientée vers l'arrière du panneau reste « dans l'ombre » sans être directement éclairée.

Par souci de simplification, le schéma structurel ainsi que les valeurs mobilisées dans ce sujet diffèrent de la réalité.

On donne:

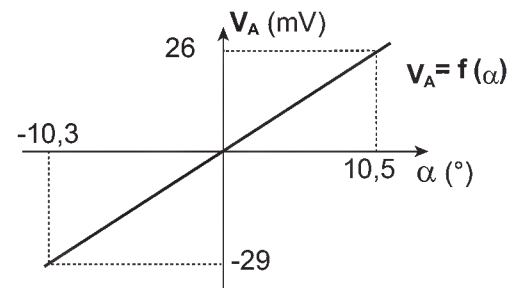
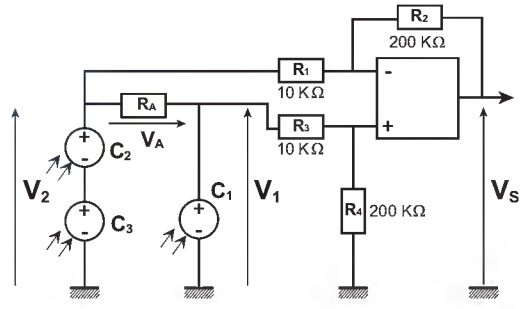
- Le schéma de principe simplifié de l'asservissement de position du panneau solaire (axe d'azimut);



A tout instant, la carte électronique contenue dans le capteur solaire amplifie, à l'aide d'un amplificateur de différence, la tension $V_A = V_1 - V_2$ qui est fonction de l'angle α et commande le moteur (dans le sens adéquat) de façon à rejoindre la position $\alpha = 0^\circ$.

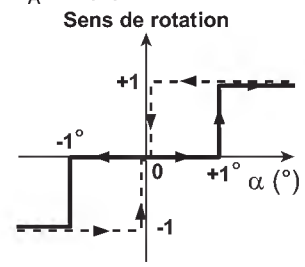
Exemple: Si $V_A > 0$ V, cela signifie que le suiveur est « en retard » par rapport au soleil, le suiveur est donc mis en action afin de compenser ce retard jusqu'à ce que la tension $V_A = 0$ V.

- Le schéma structurel simplifié du capteur «DegerConecter»;



Travail demandé:

- Exprimer les tensions V_1 et V_2 en fonction des tensions aux bornes des trois cellules (V_{C1} , V_{C2} et V_{C3}). Démontrer par la loi des mailles que : $V_A = V_1 - V_2$
- A partir de la relation entrées / sortie et des valeurs des résistances associées démontrer que: $V_s = 20 \cdot (V_1 - V_2)$.
- En déduire que $V_s = 20 \cdot K \cdot \alpha$
- A partir de la courbe caractéristique $V_A = f(\alpha)$ Calculer la valeur du coefficient K .
- A partir du principe de fonctionnement simplifié du moteur M_1 en fonction de l'angle α ci-joint, déduire la valeur des seuils de la tension V_s à partir desquels le moteur se met en marche.



Convention
Sens = +1
 «rotation: diminuer l'azimut»
Sens = 0
 «arrêt du moteur M_1 »
Sens = -1
 «rotation: augmenter l'azimut»