

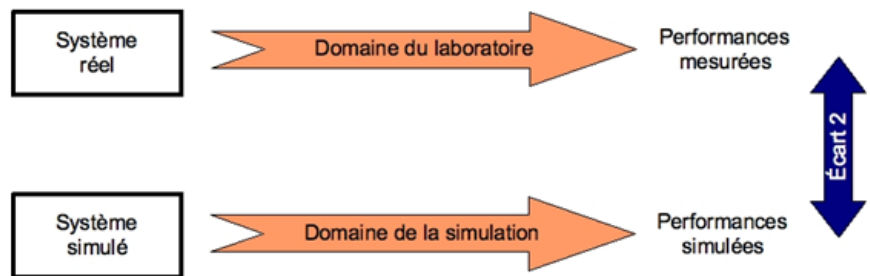
Noms : \_\_\_\_\_  
 Prénoms : \_\_\_\_\_  
 Classe : \_\_\_\_\_  
 Date : \_\_\_\_\_

**Note : /20**



## 1. Objectifs :

Nous nous intéresserons plus particulièrement à l'écart entre le système réel et le système simulé.



## 2. Critères d'évaluation et barème :

Autonomie, quantité et qualité du travail, soin...	/3
Etude du modèle physique	/5
Modélisation du mode manuel	/6
Modélisation du mode automatique	/6

## 3. Matériel nécessaire :

- Télescope ASTROLAB MEADE ETX90 avec chronomètre et fiche de procédure.
- Dossier technique du système
- Logiciel MATLAB avec le modèle du système de l'ASTROLAB
- Vidéo de présentation STATEFLOW (18 min)

## 4. Problème technique :

L'observation du ciel par un amateur à l'aide d'un instrument optique présente 2 difficultés :

- **Le pointage de l'instrument sur l'objet à observer**, autrement dit son positionnement pour avoir l'objet dans son champ de vision. Sachant qu'un télescope d'amateur permet d'observer jusqu'à plusieurs milliers d'objets célestes, le pointage rapide et précis de l'instrument est une étape importante de sa mise en œuvre.
- **Le suivi de l'objet céleste dans le temps** : la rotation de la terre sur son axe fait que l'objet observé quitte rapidement le champ de l'instrument. La compensation automatique du déplacement terrestre permet d'observer confortablement un astre sur une durée intéressante.

Afin d'assurer le pointage et le suivi, le télescope ETX90 possède deux axes de rotation :

- **Azimut** (ou horizontal)
- **Altitude** (ou vertical)


On se propose de simuler le fonctionnement du télescope afin d'améliorer l'algorithme de commande du pointage d'objet céleste.

*Remarque :* on se limite à l'étude de la motorisation de l'axe d'azimut.

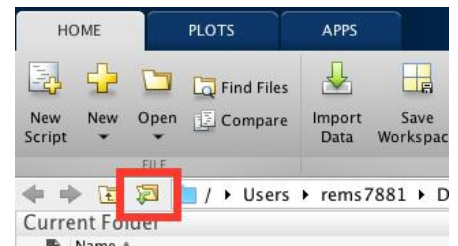


## 5. Etude du modèle physique :

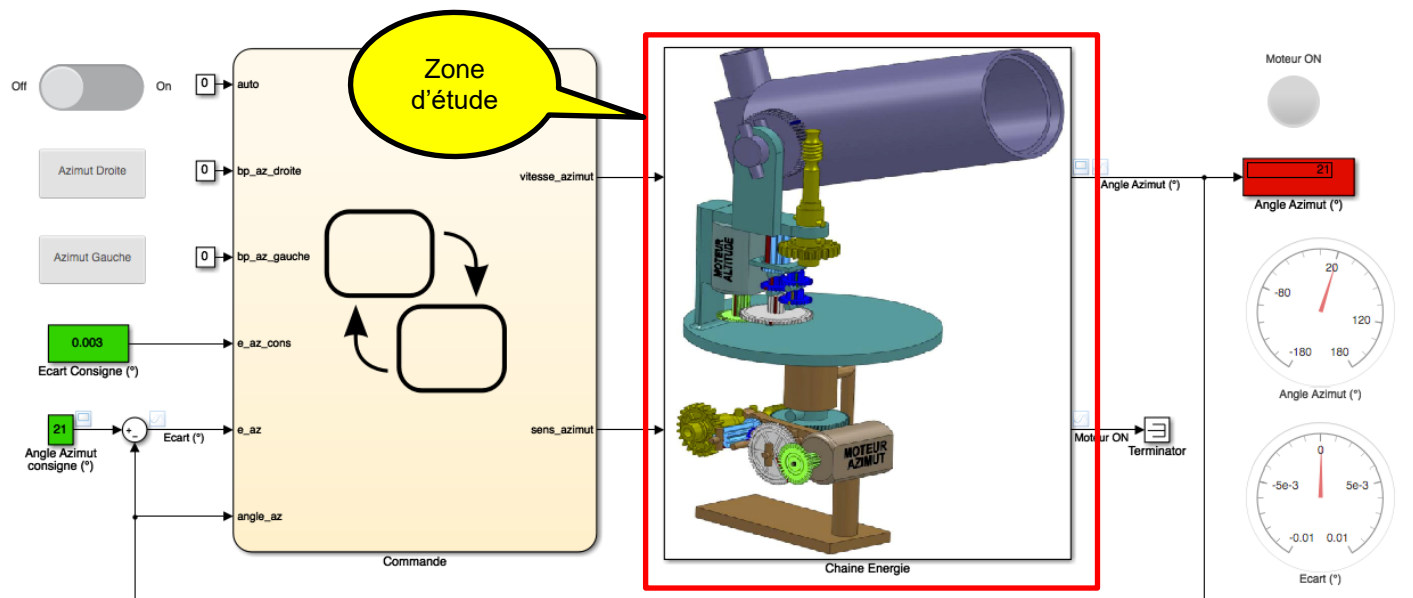
Télécharger le fichier « Modele\_astrolab.zip » et l'exécuter. Un dossier « Modele\_astrolab » apparaît dans le dossier de téléchargement.

Démarrer MATLAB , et se placer dans le dossier « Modele\_astrolab » :

Double-cliquer le fichier « ASTROLAB\_STATEFLOW\_Vxx\_ELEVES.slx »



### 5.1. Modélisation du moteur :



On considère que le moteur développe 36 mN.m

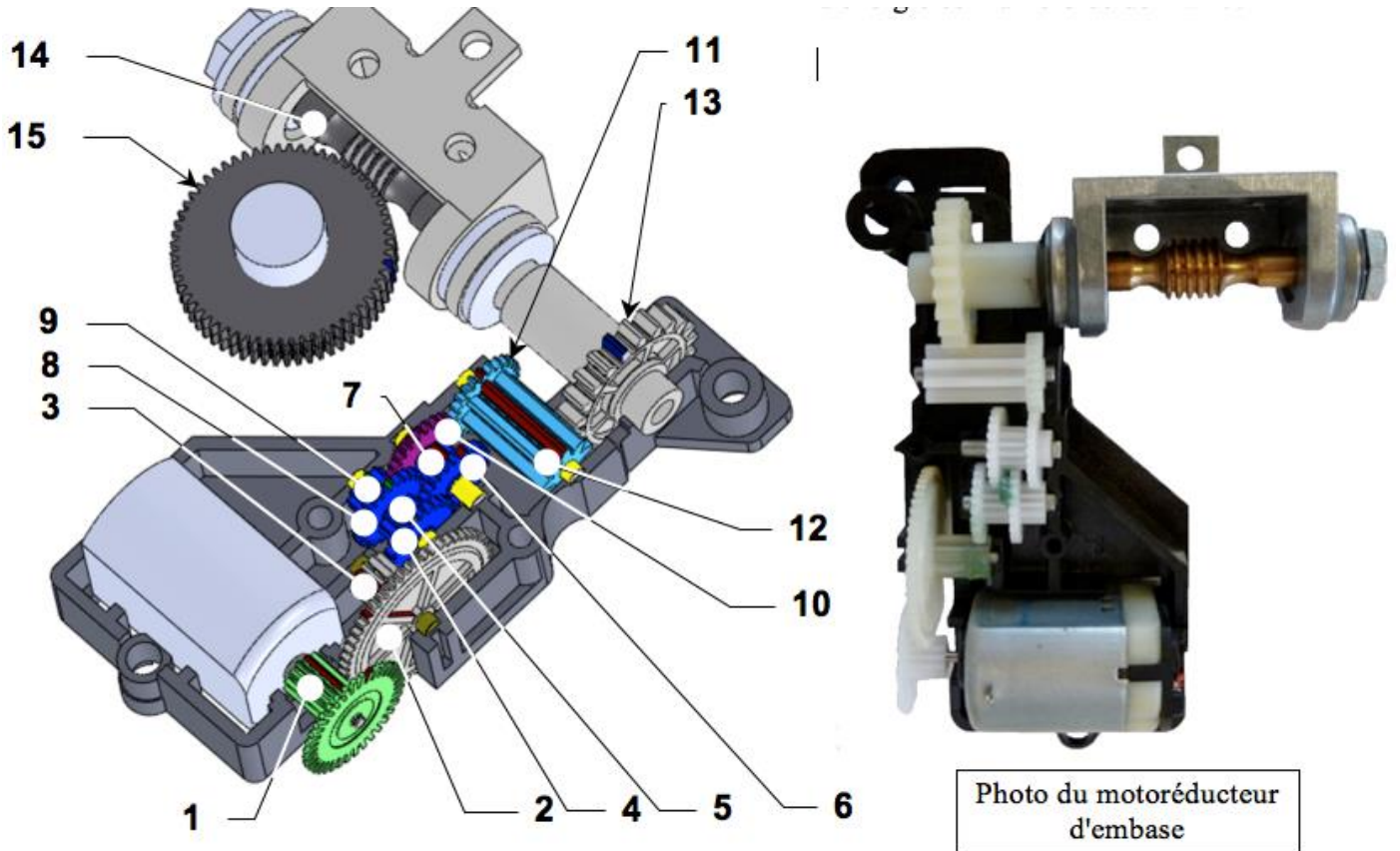
Q1. Dans le dossier technique du télescope, page 26, relever la fréquence de rotation du moteur en tr/min et la convertir en rad/s.

Double cliquer sur le bloc « CHAÎNE D'ÉNERGIE » puis sur le bloc « MOTEUR AZIMUT ». Modifier le code en complétant les valeurs positives et négatives de  $w_{mot}$  en rd/s.



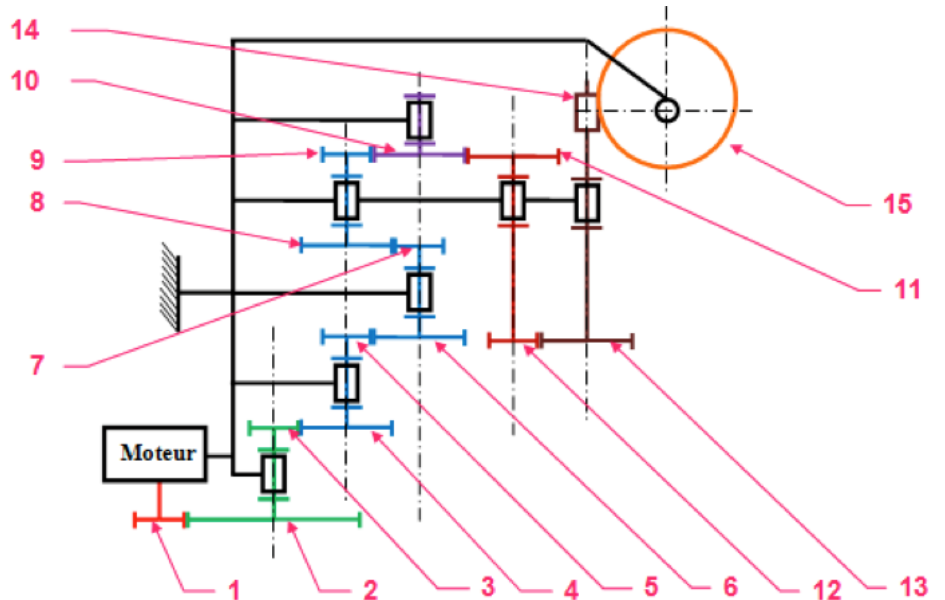
## 5.2. Modélisation du réducteur :

On donne ci-dessus les illustrations techniques du réducteur de la chaîne d'énergie de l'axe d'azimut :



**Données :** Les caractéristiques des roues dentées et de la vis sont :

- $Z_1 = Z_3 = Z_5 = Z_7 = Z_9 = 12$  dents
- $Z_2 = 56$  dents
- $Z_4 = Z_6 = Z_8 = Z_{10} = Z_{11} = 24$  dents
- $Z_{12} = 8$  dents
- $Z_{13} = 22$  dents
- La vis (14) a 1 filet,  $Z_{14} = 1$
- La roue (15) à 60 dents,  $Z_{15} = 60$  dents.



Q2. Calculer le rapport de réduction global du réducteur.

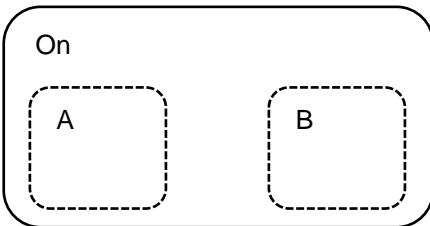
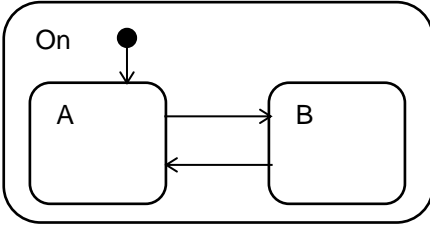
Double cliquer sur le bloc « CHAÎNE D'ÉNERGIE » puis sur le bloc « Réducteur Azimut ». Modifier la valeur du rapport de réduction.



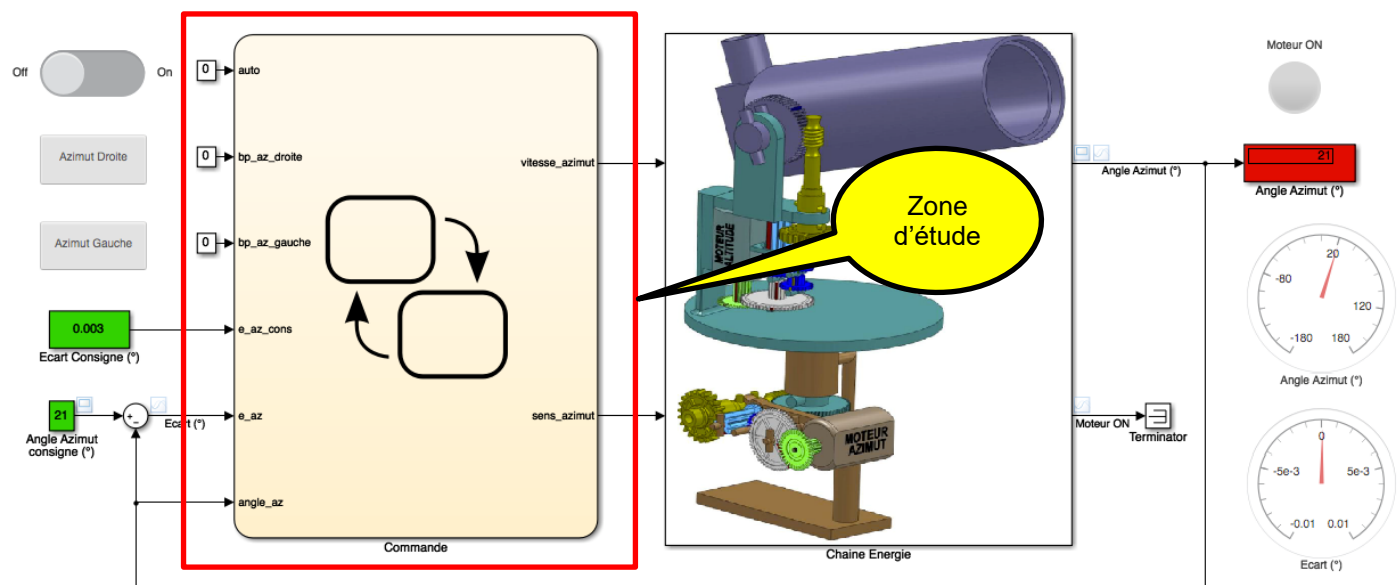
## 6. Introduction à STATEFLOW :

Visionner attentivement la vidéo « Introduction à STATEFLOW » (18 min).

On rajoute les règles de syntaxe suivantes :

Algorithme	Syntaxe STATEFLOW
Vérifier que la variable v est <b>égale</b> à 1	$[v==1]$
Vérifier que la variable v est <b>supérieure ou égale</b> à 1	$[v>=1]$
Vérifier que la variable v est <b>supérieure</b> à 1	$[v>1]$
Vérifier que la variable v est <b>inférieure ou égale</b> à 1	$[v<=1]$
Vérifier que la variable v est <b>inférieure</b> à 1	$[v<1]$
Vérifier que l'état A est <b>actif</b>	$[in(A)]$
La transition est validée si la condition1 <b>ET</b> la condition2 sont vérifiées	$[Condition1 \& Condition2]$ →
La transition est validée si la condition1 <b>OU</b> la condition2 sont vérifiées	$[Condition1   Condition2]$ →
Dans l'état On, Les états A et B s'activent en <b>parallèle (A ET B)</b>	
Dans l'état On, Les états A et B s'activent en <b>de façon exclusive (A OU B)</b> en fonction des transition. Par défaut le premier état à s'activer est l'état A.	

## 7. Modélisation du mode « Manuel » :




En mode manuel, les boutons « **Azimut droite** » et « **Azimut gauche** » commandent la rotation azimutale.

- Le bouton « **Azimut droite** » commande la rotation **négative**
- Le bouton « **Azimut gauche** » commande la rotation **positive**

On souhaite de plus définir des limites de course soit :

- -170° mm vers la droite
- +170 mm vers la gauche

Q3. Sur feuille de copie, proposer un diagramme permettant de gérer le sens de rotation du moteur azimutal en utilisant les éléments suivants ( $bp\_az\_droite=1$  veut dire bouton activé,  $bp\_az\_droite=0$  veut dire bouton désactivé) :

<u>Variables :</u>	$bp\_az\_droite$	$bp\_az\_gauche$	$angle\_az$
<u>Etats :</u>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">           MANU_AZIMUT_STOP            entry:vitesse_azimut=0;         </div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">           MANU_AZIMUT_POSITIF_GV            entry:vitesse_azimut=1;            sens_azimut=1;         </div>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; width: fit-content;">           MANU_AZIMUT_NEGATIF_GV            entry:vitesse_azimut=1;            sens_azimut=0;         </div>
<u>Transition par défaut :</u>			

Q4. Implémenter votre solution, effectuer une simulation et proposer une liste d'éléments à vérifier pour valider le bon fonctionnement (on utilisera les scopes en cliquant sur le symbole ci-contre).



Q5. Comparer le modèle avec le système réel. Quelle est l'amélioration que vous avez réalisée ?

## 8. Modélisation du mode « Pointage Automatique » :

### 8.1. Mesures sur le système réel :

En mode **pointage automatique**, le télescope calcule l'écart entre l'angle azimutal désiré (Angle azimut consigne) et l'angle réel, et effectue la correction afin d'amenuiser cet écart.

Q6. A l'aide de votre professeur et/ou de la fiche de procédure, relever l'angle le temps nécessaire au télescope pour pointer vers l'étoile Polaire depuis la position « 0 » des graduations d'azimut (on considère que l'altitude est déjà réglée).

### 8.2. Modélisation :

Pour notre modèle, on désire un **écart final avec l'angle consigne de  $\pm 0.003^\circ$** .

Pour compenser cet écart, le télescope devra :

- Tourner **négativement** pour un **écart négatif** (écart  $\leq$  - écart consigne)
- Tourner **positivement** pour un **écart positif** (écart  $\geq$  écart consigne)

De plus, afin d'éviter les rebonds de sens de rotation néfastes au moteur, on désire imposer **une seconde d'attente** avant d'activer le moteur une fois l'écart détecté.

Q7. Sur feuille de copie, proposer un diagramme permettant de gérer le sens de rotation du moteur en utilisant les éléments suivants :

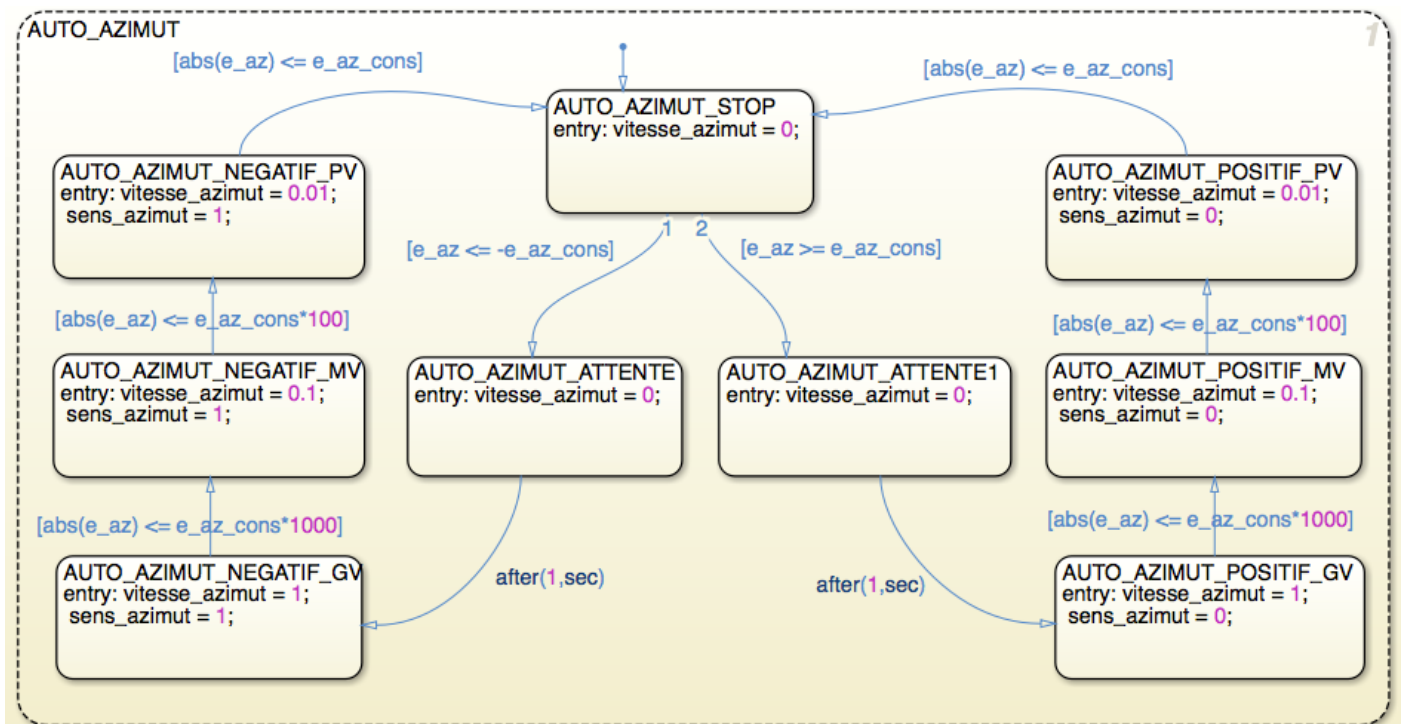
Variables :	e_az	e_az_cons	after(1,sec)
	Ecart réel	Ecart consigne	Délai d'une seconde
Etats :	AUTO_AZIMUT_STOP entry:vitesse_azimut=0;	AUTO_AZIMUT_POSITIF_GV entry:vitesse_azimut=1; sens_azimut=1;	
	AUTO_AZIMUT_ATTENTE entry:vitesse_azimut=0;	AUTO_AZIMUT_NEGATIF_GV entry:vitesse_azimut=1; sens_azimut=0;	
Transition par défaut :	● ↓		

Q8. Implémenter votre solution, effectuer une simulation (penser à double cliquer sur le sélecteur du mode auto) et imprimer la courbe de l'angle d'azimut (cliquer sur le scope). Que constatez-vous ?



Q9. Constate-t-on le même phénomène avec le système réel ? Proposer une explication.

On propose le graphe suivant pour résoudre le problème précédemment rencontré :



Q10. Implémenter cette solution (modifier votre précédent graphe), et effectuer une simulation. Qu'observe-t-on ? Décrire les modifications qui ont permis la résolution du problème.

Q11. Relever le temps mis par le modèle pour se stabiliser à 21° et comparer avec le modèle réel. Proposer et implémenter des modifications permettant de réduire cet écart.