



FRAMATECH

CYCLE Performance digitale

Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI

GELL, Université de Tours

Les 05, 06 et 07 novembre 2025

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 | Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 | Siret 344 351 879 00046 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr



FRAMATECH

CYCLE FABRICATIONS ELECTRONIQUES

Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI

NOTE POUR LE LECTEUR QUI N'AURAIT PAS ASSISTE AU SEMINAIRE

La documentation ci-jointe est celle qui a servi de support pour illustrer les exposés faits pendant le séminaire *Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI* et ne représente donc qu'une partie des informations données à cette occasion.

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 | Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 | Siret 344 351 879 00046 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr



FRAMATECH

CYCLE Performance digitale

Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI

Jour 1

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 | Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 | Siret 344 351 879 00046 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr



FRAMATECH



Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI

Université de Tours | GEII
Session des 05, 06 et 07 novembre 2025
Jour 1



4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Siret 344 351 879 000 46 | Organisme de formation N° 93 13 13363 13 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr | E-mail : contact@framatech.fr | Tél. +33 491 955 570

p. 1

1



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Plan

1. Introduction à nanoedge.AI pour la reconnaissance de patterns ou d'objets

2. Intégrer nanoedge.AI pour la reconnaissance de patterns ou d'objets

3. Collecte des données et création du projet

4. Exercice pratique pas à pas

Annexe : Ressources et exemples de code pour VL53L5CX et I2C sur NUCLEO

p. 2

2



FRAMATECH

Introduction à nanoedge.AI pour la reconnaissance de patterns ou d'objets

p. 3

3



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Matériel

- Présentation des cartes
- NUCLEO-F401RE : Carte de développement STM32, idéale pour prototypage rapide et applications embarquées.
- X-NUCLEO-53L5A1 : Carte d'extension basée sur le capteur VL53L5CX, permettant la détection d'objet jusqu'à 4m, sur une matrice 8x8 zones, via le protocole I2C.



p. 4

4

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Installation & Préparation du matériel

- Connecter la X-NUCLEO-53L5A1 sur la NUCLEO-F401RE via le port Arduino UNO R3.
- Vérifier l'alimentation et la communication I2C via les cavaliers et jumpers.
- Installer STM32CubeIDE et les packs logiciels fournis par STMicroelectronics.

p. 5

5

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Première détection d'objet en zone unique (exemple de code)

- Télécharger la bibliothèque VL53L5CX pour STM32 depuis GitHub ou STMicroelectronics.
- `quick_start_guide_x-nucleo-53l5a1.pdf`
- Importer l'exemple "X_NUCLEO_53L5A1_HelloWorld" dans votre projet STM32CubeIDE.

p. 6

6



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Code

```
c
#include "vl53l5cx_api.h"
VL53L5CX_Configuration Dev;
VL53L5CX_MultiRangingData_t MultiRangingData;
uint8_t status;
status = vl53l5cx_init(&Dev);
while (1) {
    status = vl53l5cx_get_multi_ranging_data(&Dev, &MultiRangingData);
    if (status == 0) {
        printf("Zone centrale : %d mm\n", MultiRangingData.distance_mm[32]);
    }
    HAL_Delay(100);
}
```

Ce code lit la distance dans la zone centrale (zone 32 de la matrice 8x8) et affiche la valeur sur le terminal série.

p. 7

7



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Détection multizone et suivi d'objet

- Étendre le code pour lire toutes les zones, détecter la présence d'un objet selon une distance seuil.

```
c
for (int zone = 0; zone < 64; zone++) {
    if (MultiRangingData.distance_mm[zone] < 500) {
        printf("Objet détecté dans la zone %d, distance %d mm\n", zone, MultiRangingData
    }
}
```

- Ce principe permet d'identifier la position de l'objet dans le champ du capteur.

p. 8

8



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Conclusion

Cette formation vous permet d'effectuer une détection d'objet basique puis avancée avec visualisation des zones impactées par la présence d'un obstacle, le tout avec exemples de code et ressources officielles pour un apprentissage étape par étape.

p. 9



FRAMATECH

Intégrer nanoedge.AI pour la reconnaissance de patterns ou d'objets

p. 10

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Matériel

- Présentation des cartes
- NUCLEO-F401RE : Carte de développement STM32, idéale pour prototypage rapide et applications embarquées.
- X-NUCLEO-53L5A1 : Carte d'extension basée sur le capteur VL53L5CX, permettant la détection d'objet jusqu'à 4m, sur une matrice 8x8 zones, via le protocole I2C.



p. 11

11

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Installation & Préparation du matériel

- Connecter la X-NUCLEO-53L5A1 sur la NUCLEO-F401RE via le port Arduino UNO R3.
- Vérifier l'alimentation et la communication I2C via les cavaliers et jumpers.
- Installer STM32CubeIDE et les packs logiciels fournis par STMicroelectronics.

p. 12

12

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Introduction à EdgeAI et NanoEdgeAI

- EdgeAI regroupe des bibliothèques et outils de Machine Learning optimisés pour le traitement embarqué sur microcontrôleurs STM32. Il permet, par exemple, d'identifier des objets selon leur "pattern" de distance en temps réel.
- NanoEdgeAI Studio est un logiciel gratuit qui automatise la création, l'entraînement et le déploiement de modèles ML directement sur votre cible STM32, y compris en reconnaissance de patterns et classification multi-classes.

p. 13

13

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Collecte des données avec VL53L5CX

- Utilisez le projet de collecte de données intégré au firmware X-NUCLEO-53L5A1 pour enregistrer les mesures de distance dans plusieurs zones (par exemple, en format CSV).
- <https://www.st.com/en/embedded-software/stsw-img024.html>
- 4_Collecte_donnees_Nano_Edge_AI
- Variez les positions et types d'objets devant le capteur et enregistrez les réponses multi-zones.

p. 14

14



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Création et entraînement du modèle avec NanoEdgeAI Studio

- Lancez NanoEdgeAI Studio et cliquez sur “New Project”.
- Sélectionnez le type d'application souhaité :
- “Pattern Recognition” pour reconnaître des motifs ou des états.
- “Classification” pour identifier plusieurs classes d'objets/cas (utile pour reconnaître différents types d'objets devant le capteur).

What are we doing today?



Detect Anomalies in your signal with on device learning

Identify unusual patterns in your data with models that can adapt and incrementally gather knowledge during a learning phase to predict potential anomalous behaviors.

CREATE



Classify variations of your signal

Organize your data into meaningful categories for actionable insights. Train the model with labeled examples to recognize patterns and accurately classify new data.

CREATE



Detect outliers in your signal

Identify whether a signal sample belongs to that unique class or not. This approach is useful when the data is highly imbalanced, and there is only one class of interest.

CREATE



Extrapolate unknown data from what you know

Predict future values by extending patterns in dataset. Extrapolation models analyze information to predict outcomes beyond the observed datasets.

CREATE

p. 15

15

FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Création et entraînement du modèle avec NanoEdgeAI Studio

- Importez vos données CSV enregistrées pour entraîner le modèle. NanoEdgeAI Studio va tester, comparer et sélectionner automatiquement le modèle ML optimal.
- Validez le modèle avec vos données (par ex. reconnaissance d'objets : main, bloc, feuille, etc.)

p. 16

16



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Génération et intégration du modèle sur STM32

- Exportez la librairie générée par NanoEdgeAI Studio (fichiers .h et .a ou .lib).
- Ajoutez les fichiers à votre projet STM32CubeIDE :
- Placez les headers dans /Inc, la librairie dans /Lib.
- Configurez le linker pour inclure la bibliothèque NanoEdgeAI

c

```
#include "NanoEdgeAI.h"
#include "knowledge.h"
float input_buffer[64];
// Remplir input_buffer avec les données du VL53L5
float result = NanoEdgeAI_infer(input_buffer);
if(result == ... ) { /* Reconnaissance d'un objet ou pattern */ }
```

p. 17



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Conclusion

Cette suite vous a permis de passer de la détection simple à une solution intelligente capable de reconnaître des objets et motifs en temps réel à partir des données ToF, avec un exemple complet d'intégration et de code.

p. 18



FRAMATECH

Collecte des données et création du projet

p. 19

19



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Initiation à la collecte de données

- Rôle des données dans les modèles IA : importance d'avoir un jeu d'exemples "normaux" et "anormaux" selon l'application (détection d'anomalie, classification...)
- Exemples de données selon le capteur :
 - vibrations d'un moteur,
 - valeurs de température,
 - sons,
 - etc.
- Plus le jeu de données est représentatif, plus le modèle sera robuste en conditions réelles.

p. 20

20

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Démarrage du projet dans NanoEdge AI Studio

- Lancement du logiciel et création d'un nouveau projet.
- Sélection de la cible matérielle (famille STM32, type de carte, type de capteur connecté).
- Choix de l'application (détection d'anomalie, classification, ...).

p. 21

21

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Acquisition de données

- Mode "Data Logger" : l'outil propose d'acquérir en direct les signaux du capteur branché au STM32.
- Option d'importation : si les données existent déjà, on peut les charger au format CSV.
- Conseils pratiques sur la durée et la diversité des captures
- (ex : enregistrer plusieurs séquences dans des conditions normales différentes)

p. 22

22

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Visualisation des données

- NanoEdge AI Studio affiche les courbes, histogrammes ou distribution des valeurs en temps réel.
- L'utilisateur peut repérer immédiatement si les données semblent “bruitées”, trop régulières ou inhabituelles, et refaire une acquisition si besoin.

p. 23

23

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Préparation du jeu d'entraînement

- L'outil fournit un aperçu sur la qualité des données : nombre d'échantillons, statistiques.
- Pour la détection d'anomalie, on commence uniquement avec des données “normales” dans un premier temps.

p. 24

24



FRAMATECH

Exercice pratique pas à pas

p. 25

25



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Branchement du capteur et test

- Connecter la carte STM32 à l'ordinateur et vérifier la détection du capteur (exemple : capteur de vibration ou de température).

p. 26

26

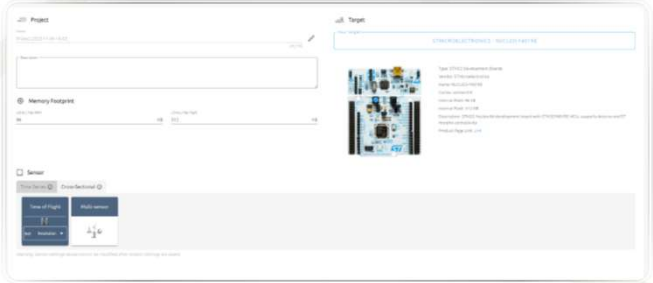


FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Création du projet dans NanoEdge AI Studio

- Ouvrir le logiciel, cliquer sur “Nouveau projet” et sélectionner la carte et le capteur utilisés.



p. 27

27

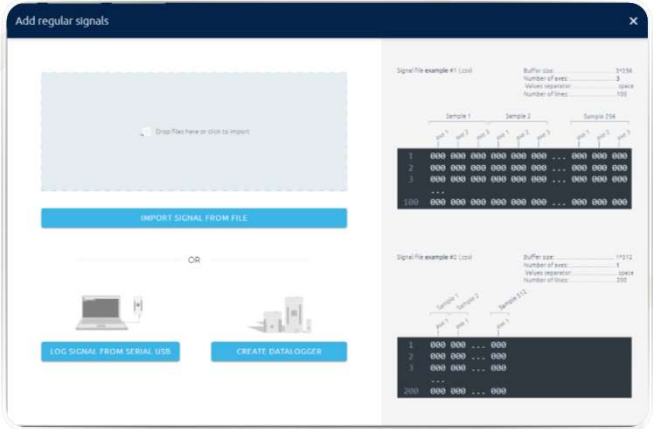


FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Acquisition directe

- Cliquer sur “Enregistrer données normales”.
- Capturer 30 secondes à 1 minute de signaux en conditions réelles (ex : moteur tournant normalement, pièce silencieuse).



p. 28

28



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Visualisation

- Vérifier l'apparence des courbes acquises. Recommencer si la capture présente des anomalies inattendues.



p. 29

29



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Export ou validation

- Sauvegarder le jeu récupéré et poursuivre à l'étape suivante (entraînement autoML).

p. 30

30



FRAMATECH

Annexe

Ressources et exemples de code pour VL53L5CX et I2C sur NUCLEO

p. 31



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Matériel

- Présentation des cartes
- NUCLEO-F401RE : Carte de développement STM32, idéale pour prototypage rapide et applications embarquées.
- X-NUCLEO-53L5A1 : Carte d'extension basée sur le capteur VL53L5CX, permettant la détection d'objet jusqu'à 4m, sur une matrice 8x8 zones, via le protocole I2C.



p. 32



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Exemples de code

- Exemples STM32Duino/X-NUCLEO-53L5A1 : Plus de 10 exemples dédiés (multizone, interruption, I2C optimisation, calibrage, détection de seuil, etc.), téléchargeables et utilisables directement sur NUCLEO (F401RE, F411RE...).
- Exemple “HelloWorld” pour lecture simple des distances :

c

```
#include "vl53l5cx_api.h"
VL53L5CX_Configuration Dev;
VL53L5CX_MultiRangingData_t MultiRangingData;
uint8_t status;

status = vl53l5cx_init(&Dev);
while (1) {
    status = vl53l5cx_get_multi_ranging_data(&Dev, &MultiRangingData);
    if (status == 0) {
        printf("Zone centrale : %d mm\n", MultiRangingData.distance_mm[32]);
    }
    HAL_Delay(100);
}
```

p. 33

33



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

cpp

```
#include <Wire.h>
#include <vl53l5cx_class.h>
#include "NanoEdgeAI.h"
#include "knowledge.h"

// Capteur ToF
VL53L5CX sensor_vl53l5cx(&Wire, A3);

// Buffers NanoEdge AI
float neai_buffer[64]; // Entrée : 64 distances
float output_buffer[4]; // Sortie : probabilités des 4 classes
uint16_t neai_class = 0; // Classe détectée

// Variables du jeu
const char* class_names[] = {"Rien", "Pierre", "Feuille", "Ciseaux"};
unsigned long lastDetectionTime = 0;
int playerScore = 0;
int computerScore = 0;

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(2000);

    Serial.println("=== Pierre-Feuille-Ciseaux avec NanoEdge AI ===");
```

p. 34

34



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

```
void loop() {
    VL53L5CX_ResultsData Results;
    uint8_t NewDataReady = 0;

    sensor_vl53l5cx.vl53l5cx_check_data_ready(&NewDataReady);

    if (NewDataReady) {
        sensor_vl53l5cx.vl53l5cx_get_ranging_data(&Results);

        // Remplir le buffer NanoEdge AI
        for (int i = 0; i < 64; i++) {
            neai_buffer[i] = (float)Results.distance_mm[i];
        }

        // Classification
        neai_classification(neai_buffer, output_buffer, &neai_class);

        // Ignorer la classe "Rien" (classe 1)
        if (neai_class > 1 && millis() - lastDetectionTime > 3000) {
            lastDetectionTime = millis();

            int playerChoice = neai_class; // 2=Pierre, 3=Feuille, 4=Ciseaux
            int computerChoice = random(2, 5); // Choix aléatoire

            Serial.println("=====");
            Serial.print("Vous : ");
            Serial.print(playerChoice);
            Serial.print(" - ");
            Serial.print(computerChoice);
            Serial.println();
        }
    }
}
```

p. 35

35



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Optimisation du bus I2C et gestion de l'interruption

- Optimisation du bus I2C et gestion de l'interruption : Exemples spécifiques "X_NUCLEO_53L5A1_I2C_And_RAM_Optimization" et "X_NUCLEO_53L5A1_HelloWorld_Interrupt" inclus dans la même librairie.
- Détails de la connexion matérielle typique (I2C sur NUCLEO) :
 - SCL : D15 (PB8 sur NUCLEO-F401RE)
 - SDA : D14 (PB9 sur NUCLEO-F401RE)
 - INT_C : A2 (PA4)
 - PWR_EN_C : A3 (PB0)
 - LPn_C : D5 (PB4)
 - I2C_RST_C : D3 (PB3)
- Aucun câblage particulier ni adaptation de tension nécessaire en mode 3.3 V pour ces cartes.

p. 36

36



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Utilisation de la bibliothèque NanoEdge

- L'utilisation de la bibliothèque d'IA NanoEdge est très simple :
- La fonction `neai_classification_init(knowledge)` dans `setup()` permet de charger le modèle avec les connaissances acquises lors de l'évaluation comparative.
- La fonction `neai_classification(neai_buffer, output_buffer, &neai_class)` permet d'effectuer la détection. Cette fonction prend en entrée trois variables :`
 - `float neai_buffer[64]` : les données d'entrée pour la détection, à savoir les données ToF.
 - `float output_buffer[CLASS_NUMBER]` : un tableau de sortie de taille 4 contenant la probabilité que le signal d'entrée appartienne à chaque classe.
 - `uint16_t neai_class = 0` : la variable utilisée pour obtenir la classe détectée. Elle correspond à la classe ayant la probabilité la plus élevée.

p. 37



FRAMATECH

CYCLE Performance digitale

Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI

Jour 2

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 | Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 | Siret 344 351 879 00046 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr



FRAMATECH



GEII

Développer une IA embarquée
sur STM32CubeAI

Université de Tours | GEII

Session des 05, 06 et 07 novembre 2025

Jour 2



p. 1

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Siret 344 351 879 000 46 | Organisme de formation N° 93 13 13363 13 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr | E-mail : contact@framatech.fr | Tél. +33 491 955 570

1



FRAMATECH

Créer un jeu Pierre-Feuille-Ciseaux
avec NanoEdge AI, un capteur ToF et
une carte NUCLEO-F401RE

p. 2

2

(c) Yannick ALMERAS, FRAMATECH, 2025

1



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Paramètres initiaux

- Créez un nouveau projet dans NanoEdge AI Studio
- Configurez les paramètres suivants:
- Nom du projet : RockPaperScissors_ToF
- Cible : NUCLEO-F401RE (Cortex-M4)
- Type de projet : N-class classification (4 classes)
- Type de capteur : Generic, 1 axis (car nous avons 64 valeurs ToF)
- Buffer size : 64 (une valeur par zone du capteur 8x8)
- Max RAM : 12-16 KB Fréquence d'échantillonnage : 15 Hz (ou selon votre configuration)

p. 3

3



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Assemblage du matériel

- Montage des cartes
- Empilez le X-NUCLEO-53L5A1 sur la NUCLEO-F401RE
- Connexions I2C (si vous utilisez STM32CubeIDE)
- Le capteur central du X-NUCLEO-53L5A1 utilise les broches suivantes:

Signal X-NUCLEO-53L5A1	Pin Arduino	Pin NUCLEO-F401RE	Configuration
I2C_RST_C	D3	PB3	GPIO_Output
LPh_C	D5	PB4	GPIO_Output
PWR_EN_C	A3	PB0	GPIO_Output
INT_C	A2	PA4	GPIO_EXTI
SCL	D15	PB8	I2C1_SCL
SDA	D14	PB9	I2C1_SDA

p. 4

4

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Programmation du datalogger

- Créez un nouveau projet STM32 pour NUCLEO-F401RE
- Configurez les périphériques dans le fichier .ioc:
- I2C1 en mode Fast Mode (400 kHz)
- GPIO pour PWR_EN_C, LPn_C, I2C_RST_C (voir tableau ci-dessus)
- EXTI pour INT_C
- Installez le package X-CUBE-TOF1
- Utilisez les exemples fournis (53L5A1_SimpleRanging) comme base,
- Modifiez le code pour envoyer les 64 valeurs de distance via UART/Serial

p. 5

5

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Collecte des données avec NanoEdge AI Studio

- **Flasher le datalogger**
- Compilez et uploadez le code datalogger sur votre NUCLEO-F401RE
- Vérifiez dans le Serial Monitor (115200 bauds) que les données s'affichent correctement
- **Collecte des signaux**
- Dans NanoEdge AI Studio, allez dans l'onglet SIGNALS
- Cliquez sur ADD SIGNAL → FROM SERIAL
- Sélectionnez le port COM de votre carte
- Configurez le baudrate à 115200

p. 6

6



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Collecte des 4 classes :
Collectez 500 signaux par classe:

Classe 1 : Rien (background) :

- Aucun objet devant le capteur ou main très éloignée
- Cliquez sur le bouton rouge pour démarrer la collecte
- Validez et nommez : "Rien"

Classe 2 : Pierre

- Fermez le poing
- Maintenez le poing à 10-20 cm du capteur
- Collectez 500 signaux
- Validez et nommez : "Pierre"

Classe 3 : Feuille

- Ouvrez complètement la main à plat
- Maintenez la position et effectuez de légers déplacements
- Collectez 500 signaux
- Validez et nommez : "Feuille"

Classe 4 : Ciseaux

- Faites le signe des ciseaux (index et majeur écartés)
- Maintenez la position et effectuez de légers déplacements
- Collectez 500 signaux
- Validez et nommez : "Ciseaux"

IMPORTANT : Tout en maintenant le signe, déplacez légèrement votre main dans le champ de vision (haut, bas, gauche, droite) sans quitter la zone

p. 7

7



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Entraînement du modèle (Benchmark)

1. Passez à l'onglet BENCHMARK dans NanoEdge AI Studio

2. Cliquez sur NEW BENCHMARK

3. Sélectionnez les 4 classes collectées

4. Lancez le benchmark

5. Attendez que NanoEdge AI teste automatiquement différents algorithmes de Machine Learning

6. Surveillez la métrique Balanced Accuracy : visez >95%

Le benchmark affiche:

- Balanced accuracy : précision moyenne par classe
- RAM : mémoire vive utilisée
- Flash : mémoire programme utilisée
- Score : combinaison performance/taille

NanoEdge AI Studio optimise automatiquement les modèles pour les microcontrôleurs STM32.

p. 8

8

(c) Yannick ALMERAS, FRAMATECH, 2025

4

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Validation du modèle

- Collectez de nouveaux datasets (jamais utilisés pour l'entraînement)
- Dans l'onglet VALIDATION, testez 1-10 bibliothèques candidates
- Utilisez l'EMULATOR pour tester en temps réel via le port série
- Sélectionnez la bibliothèque avec la meilleure précision

p. 9

9

**FRAMATECH**4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Compilation de la bibliothèque AI

1. Allez dans l'onglet COMPILATION
2. Important pour NUCLEO-F401RE : Gardez le flag Float ABI activé (contrairement à Arduino GIGA)
3. Cliquez sur COMPILE LIBRARY
4. Téléchargez le fichier .zip contenant:
 - NanoEdgeAI.h
 - Bibliothèque statique .a
 - knowledge.h (poids du modèle entraîné)

p. 10

10



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

STM32CubeIDE

1. Créez un projet basé sur l'exemple 53L5A1_SimpleRanging

2. Ajoutez les fichiers NanoEdge AI (NanoEdgeAI.h, .a, knowledge.h)

3. Initialisez avec neai_classification_init(knowledge)

4. Appelez neai_classification(input, output, &class) après chaque mesure ToF

Implémentez la logique du jeu

p. 11

11



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Test et optimisation

• Améliorations recommandées

• Filtrage temporel

• Pour éviter les fausses détections:

cpp

#define VOTE_SIZE 10
int vote_buffer[VOTE_SIZE];
int vote_index = 0;

// Dans loop(), après classification :
vote_buffer[vote_index] = neai_class;
vote_index = (vote_index + 1) % VOTE_SIZE;

// Vote majoritaire
int vote_count[5] = {0}; // 5 classes max
for (int i = 0; i < VOTE_SIZE; i++) {
 vote_count[vote_buffer[i]]++;
}

// Trouver la classe la plus fréquente
int max_votes = 0;
int final_class = 0;
for (int i = 0; i < 5; i++) {
 if (vote_count[i] > max_votes) {
 max_votes = vote_count[i];
 final_class = i;
 }
}

p. 12

12



FRAMATECH

CYCLE Performance digitale

Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI

Jour 3

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros
Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France
Tél. +33 491 95 55 70 | Mail : contact@framatech.fr
Organisme de formation n° 93060115506 | Siret 344 351 879 00046 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr



FRAMATECH



Développer une IA embarquée sur STM32CubeAI

Université de Tours | GEII
Session des 05, 06 et 07 novembre 2025
Jour 3



4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Siret 344 351 879 000 46 | Organisme de formation N° 93 13 13363 13 | NAF 7112B
Web : www.framatech.fr | E-mail : contact@framatech.fr | Tél. +33 491 955 570

p. 1

1



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

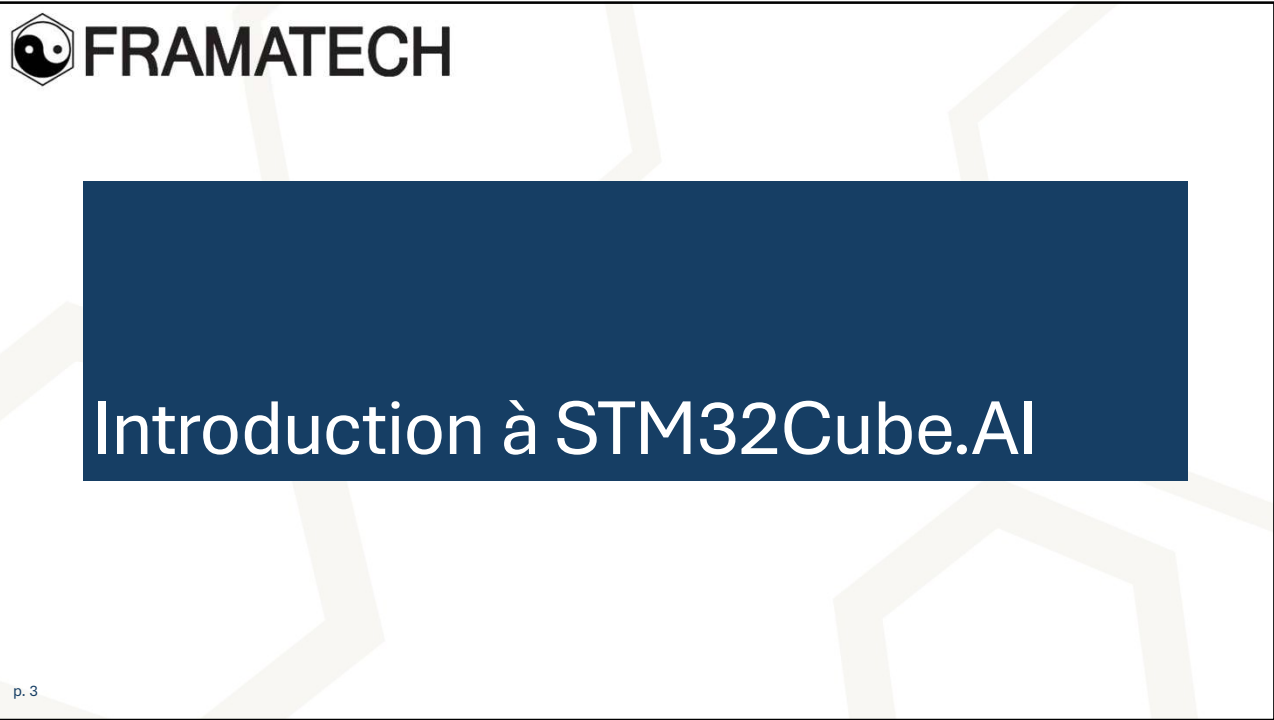
Plan

Introduction à STM32Cube.AI

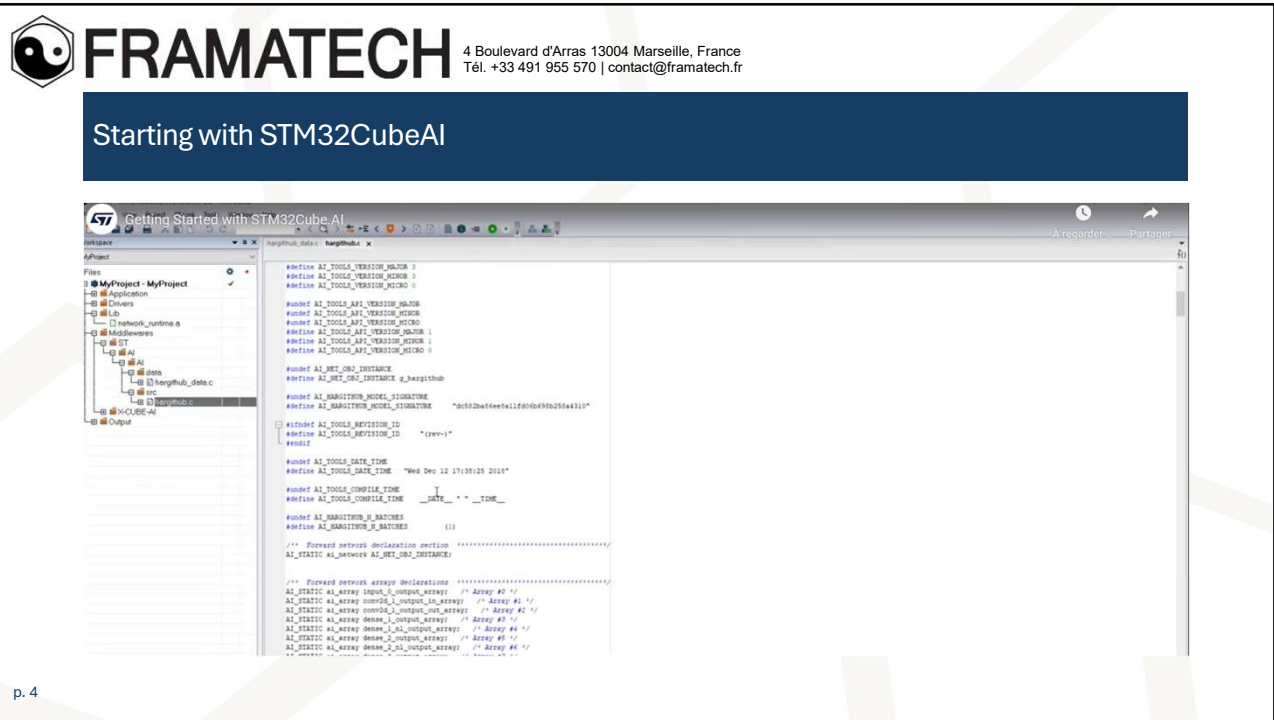
CubeMX_AI_Pas a_Pas

p. 2

2



3



4

FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Starting with STM32CubeAI

The screenshot displays the STM32CubeIDE interface. The left sidebar shows the Project Explorer with a tree view of the project files, including 'MyProject - MyProject', 'Drivers', 'network_runtime.a', 'Middlewares', 'AI', 'data', 'hangrhub_data.c', 'enc', 'hangrhub.c', 'STM32CUBE.AI', and 'Output'. The main editor area shows the source code for 'ai_error ai_hangrhub_get_error(ai_handle network)'. The code includes comments in French describing the function's purpose and parameters. The function signature is 'ai_error ai_hangrhub_get_error(ai_handle network);'. The code body starts with a comment '/* */' followed by a series of steps: '1. Create a neural network.', '2. Initialize the network and return an object to handle it.', '3. Return an error code reporting the status of the API on exit.' The function returns 'AI_HANDLE_NULL' if the network was destroyed or if the same input network handle is destroyed failed. The code ends with 'return AI_ERROR;'. Below the function definition, there are two more functions: 'ai_destroy ai_hangrhub_destroy(ai_handle network);' and 'ai_init ai_hangrhub_create(ai_handle* network, const ai_buffer* network_config);'. The 'ai_hangrhub_create' function has a comment '/* */' followed by a series of steps: '1. Destroy the neural network and free the allocated memory.', '2. Destroy the network and free its memory. The network handle is returned:', '3. If the handle is not NULL, the unloading has not been successful.', '4. Return an error code reporting the status of the API on exit.', '5. Return an object handle : AI_HANDLE_NULL if network was destroyed correctly. The same input network handle if destroy failed.'

p. 5

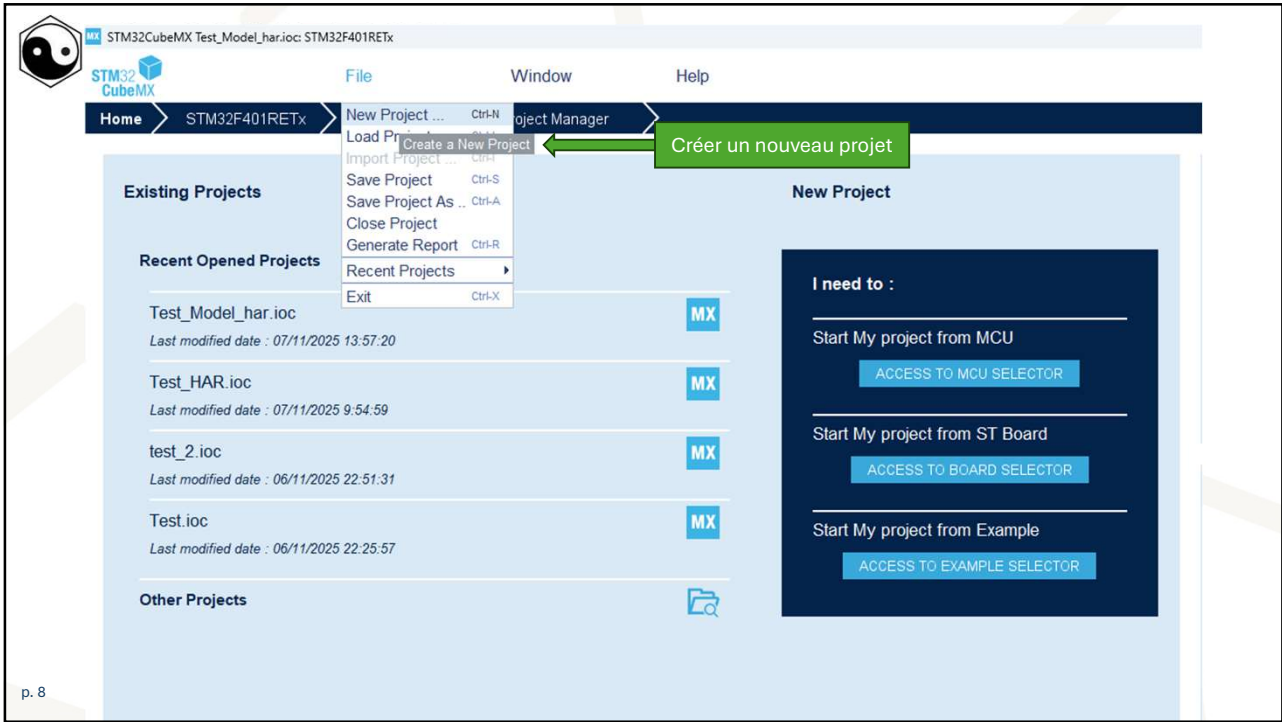
5

[illegible]

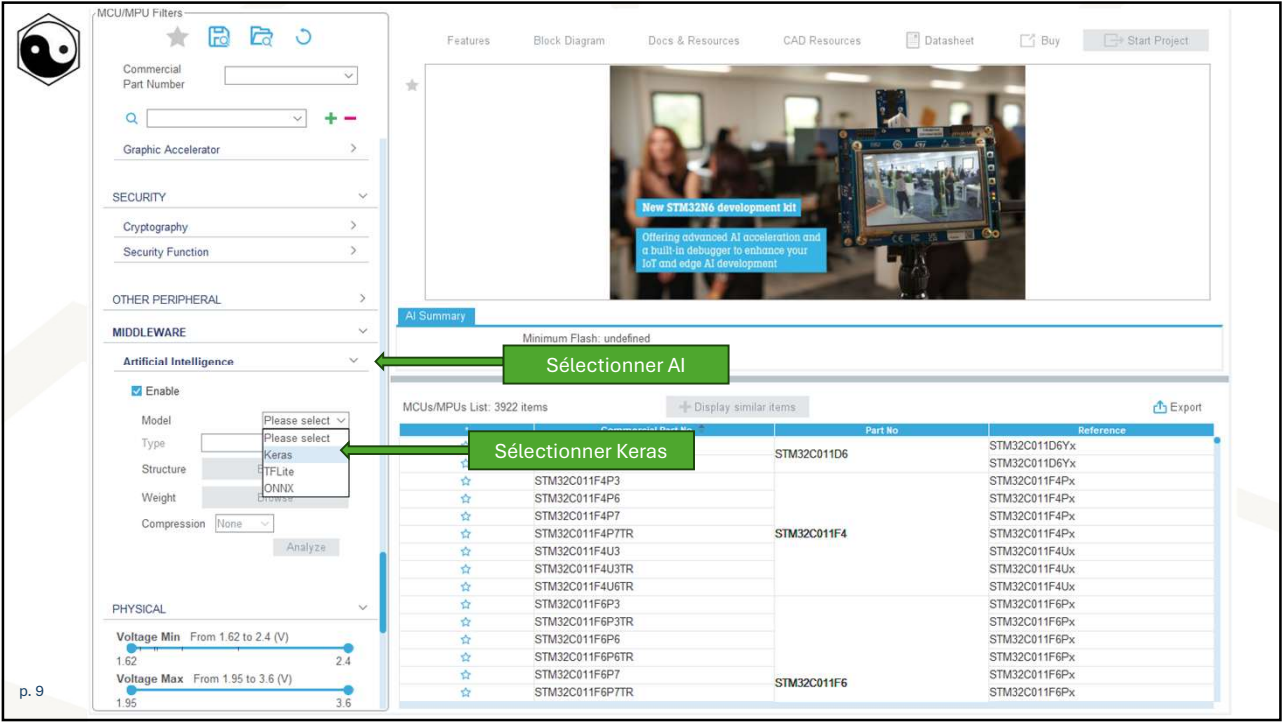
6



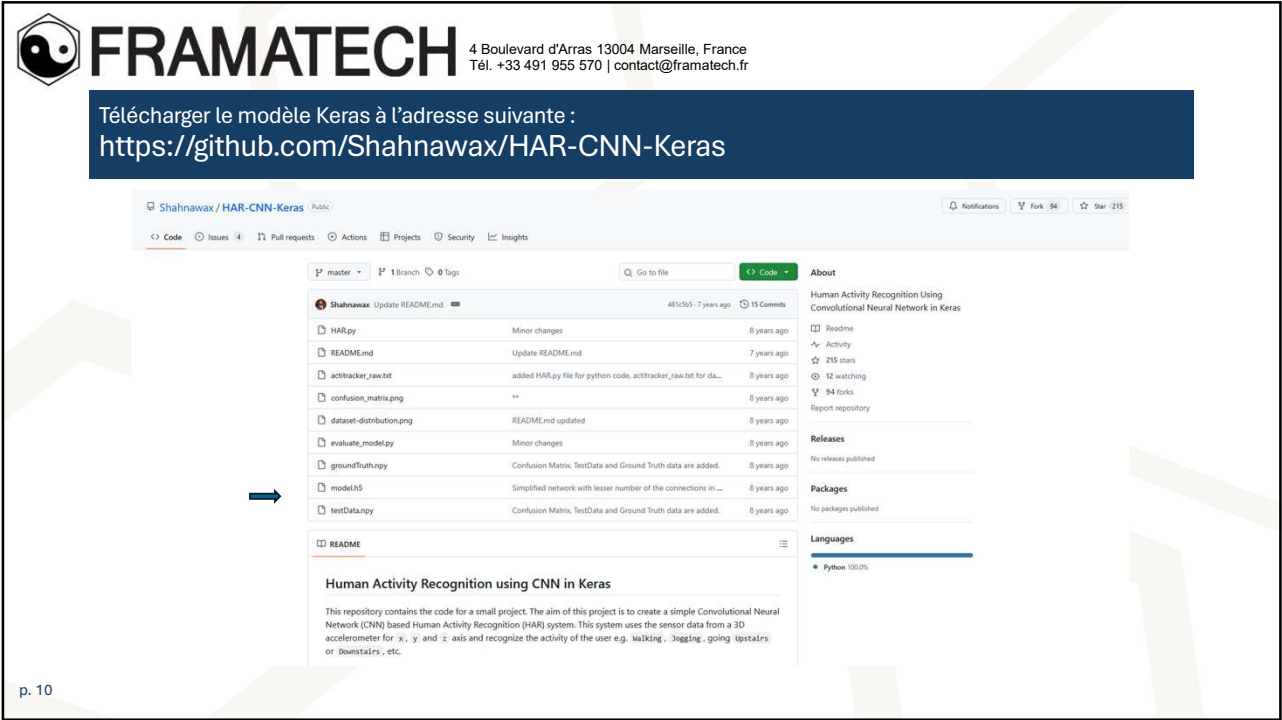
7



8



9



10

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Sélectionner le modèle Keras que vous avez enregistré

Commercial Part No.	Part No.	Reference
26Y3TR	STM32C011D6	STM32C011D6Tx
26Y6TR		STM32C011D6Tx
26P3		STM32C011F4Px
26P6		STM32C011F4Px
26P7		STM32C011F4Px
26P7TR	STM32C011F4	STM32C011F4Px
26U3		STM32C011F4Ux
26U3TR		STM32C011F4Ux
26U6TR		STM32C011F4Ux
26P3		STM32C011F6Px
26P3TR		STM32C011F6Px
		STM32C011F6Px
		STM32C011F6Px
		STM32C011F6Px
	STM32C011F6P7TR	STM32C011F6Px

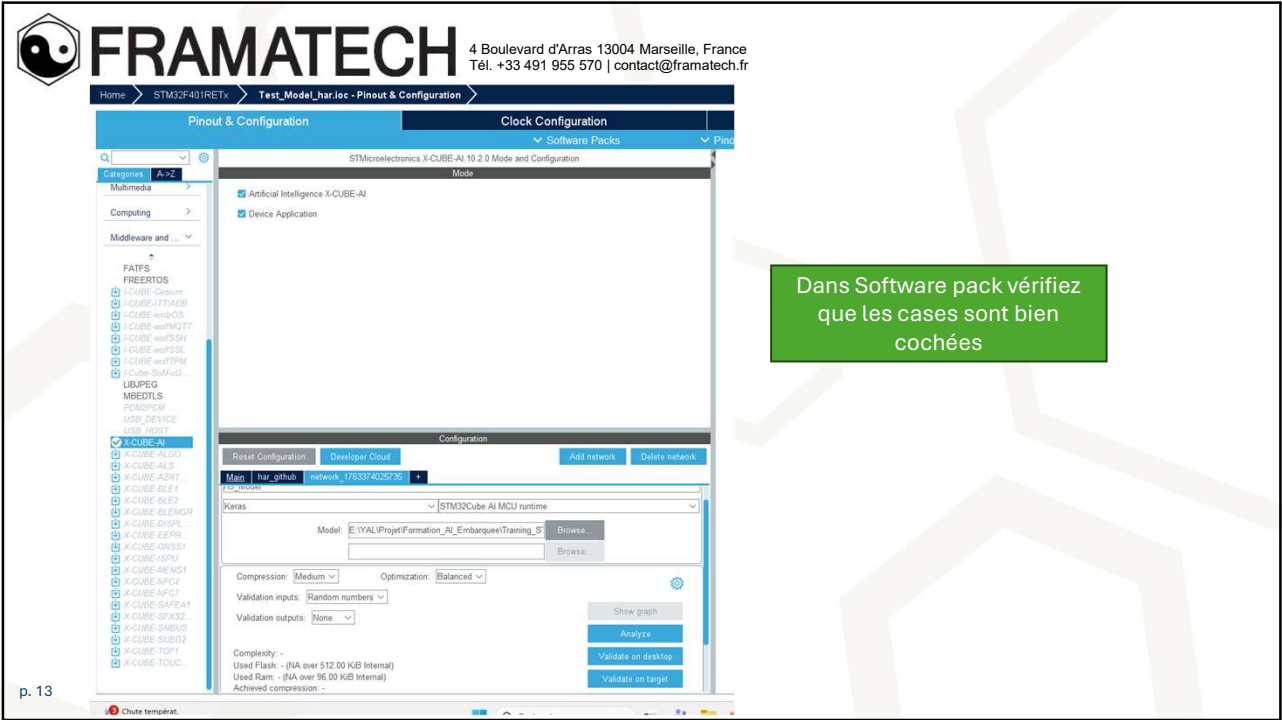
11

Sélectionner medium comme compression et cliquez sur Analyze

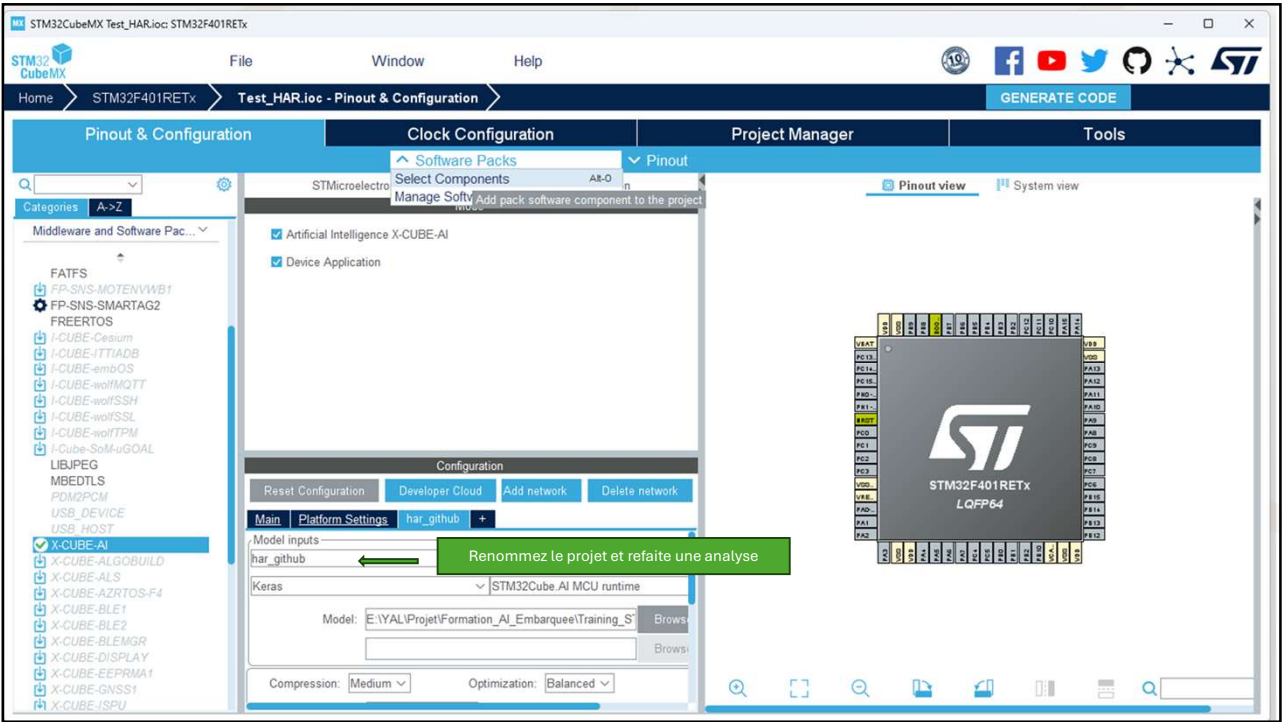
Après analyse, sélectionner votre cible

p. 12

12



13



14



FRAMATECH

4 Boulevard d'Arras 13004 Marseille, France
Tél. +33 491 955 570 | contact@framatech.fr

Pinout & Configuration

Clock Configuration

Project Manager

Tools

Project

Code Generator

Advanced Settings

Project Settings

Project Name

Project Location

Application Structure

Toolchain Folder Location

Toolchain / IDE

Linker Settings

Minimum Heap Size

Minimum Stack Size

Thread-safe Settings

Cortex-MNVS

Enable multi-threaded support

Thread-safe Locking Strategy

Mcu and Firmware Package

Mcu Reference

Firmware Package Name and Version

Use latest available version

Use Default Firmware Location

Firmware Relative Path

Nommez le projet

Sélectionner STM cube

Entrez 2000

p. 15

15



STM32CubeMX

Test_HAR.ioc - STM32F401RETx

File

Window

Help

Home

STM32F401RETx

Test_HAR.ioc - Project Manager

GENERATE CODE

Pinout & Configuration

Clock Configuration

Project Manager

Tools

Project

Code Generator

Advanced Settings

Project Settings

Project Name

Project Location

Application Structure

Toolchain Folder Location

Toolchain / IDE

Linker Settings

Minimum Heap Size

Minimum Stack Size

Thread-safe Settings

Cortex-MNVS

Enable multi-threaded support

Thread-safe Locking Strategy

Mcu and Firmware Package

Mcu Reference

Firmware Package Name and Version

Use latest available version

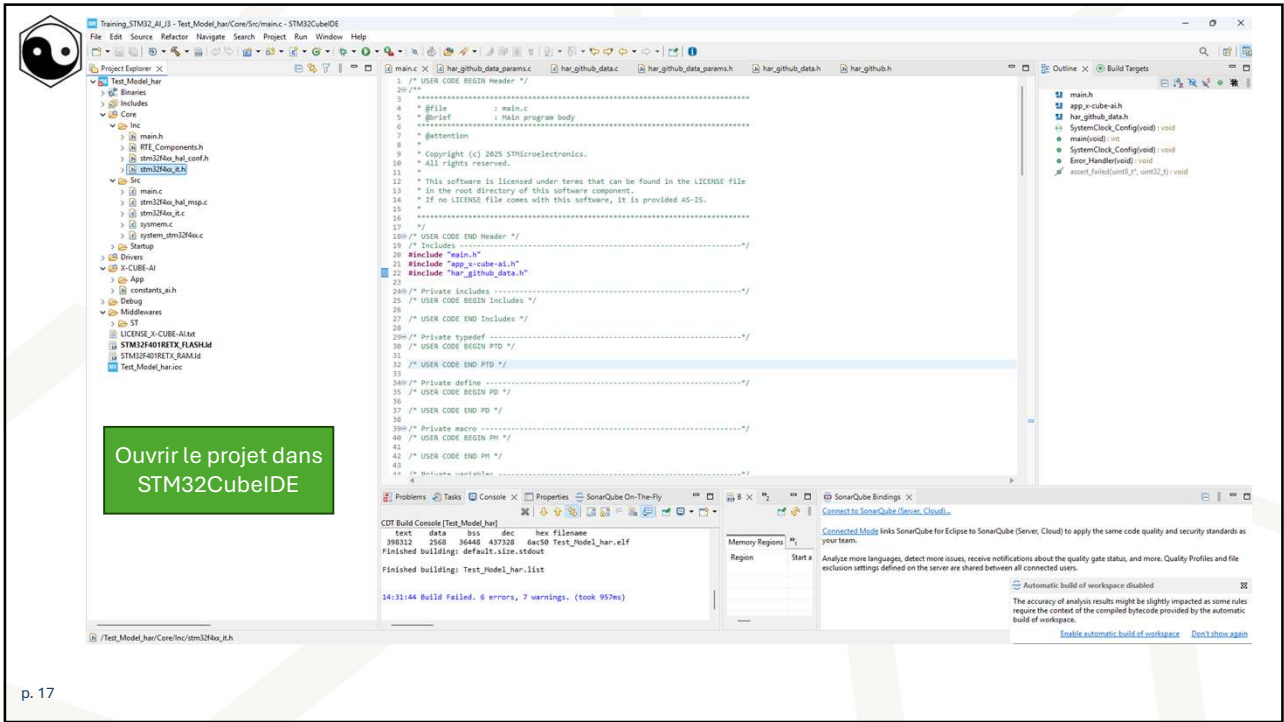
Use Default Firmware Location

Firmware Relative Path

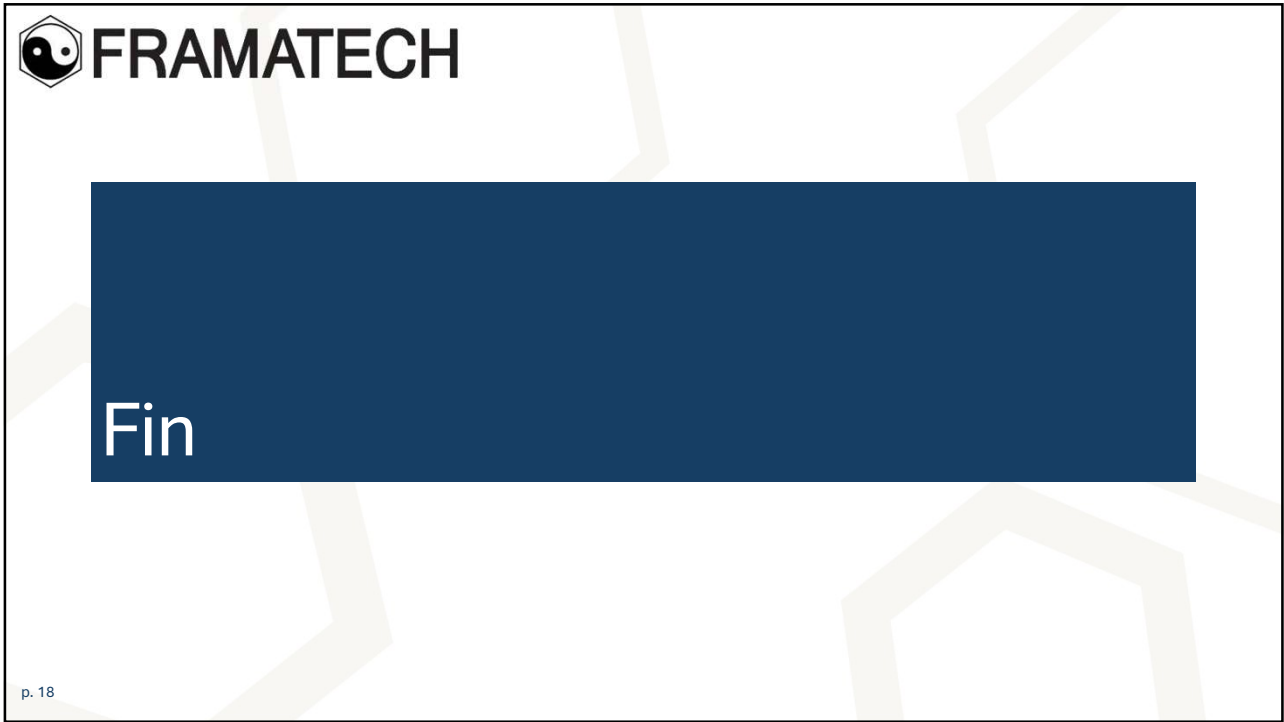
Cliquez sur generate code

p. 16

16



17

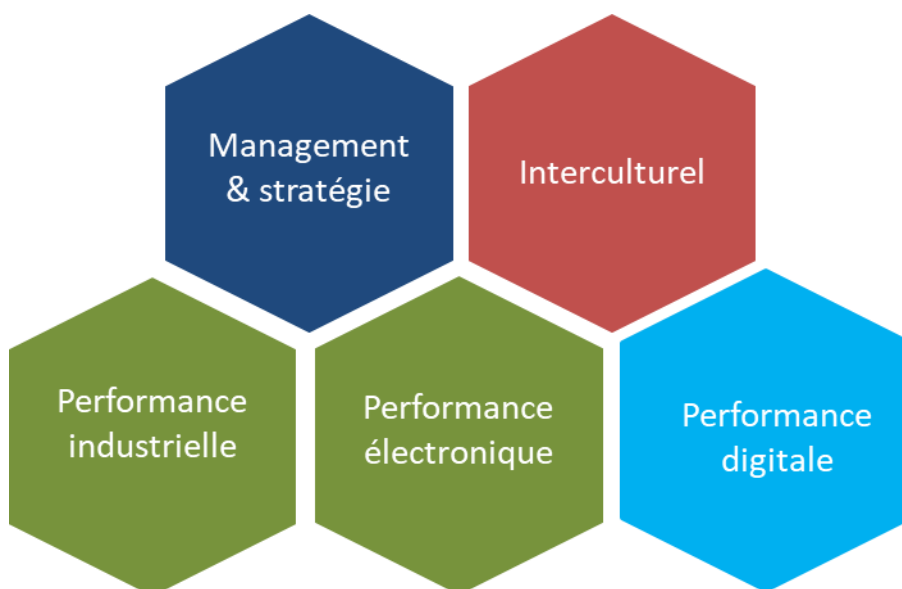


18



FRAMATECH

**Une offre de formations adaptée
à vos situations professionnelles**



Contact

Alain BARONI – Président, Directeur Général

Tél. 04 91 95 55 70

Mail : contact@framatech.fr

FRAMATECH S.A. au capital de 38112 Euros

Etudes & mises en œuvre de stratégies industrielles internationales Hautes Technologies

4 boulevard d'Arras - 13004 Marseille - France

Tél. +33 491 95 55 70 | Mail : contact@framatech.fr

Organisme de formation n° 93060115506 | Siret 344 351 879 00046 | NAF 7112B

Web : www.framatech.fr