



Smart Greenhouse

Projet de fin de session
22 novembre 2022

Renaud Lespérance
Jason Sautieres

Plan de la présentation

- ❖ Introduction
- ❖ Revue de littérature
- ❖ Problématique
- ❖ Solution
- ❖ Rentabilité
- ❖ Démonstration
- ❖ Conclusion/Questions



Introduction

Introduction

- **Population terrestre grandissante**
 - Estimation de l'ONU : 9.7 milliards (en 2050) et 10.8 milliards (en 2100) [4].
 - Besoin crucial d'optimiser l'agriculture
- **Nombre de mètre carré de serres au Canada**
 - 14 592 933 (en 2015) à 17 613 713 (en 2019) [5].



Agriculture 1.0

- Travail manuel
- Utilisation d'outils simples
- Force animale

[6]



Agriculture 2.0

- Révolution industrielle
- Moteur à vapeur → à essence
- Utilisation d'engrais, pesticides..

[7]



Agriculture 3.0

- Révolution informatique
- Incorporation de l'électronique dans les tracteurs
- Automatisation

[8]



Agriculture 4.0

- Révolution numérique
- IoT, Intelligence artificielle, vision par ordinateur,...

[9]

[10]

Revue de littérature

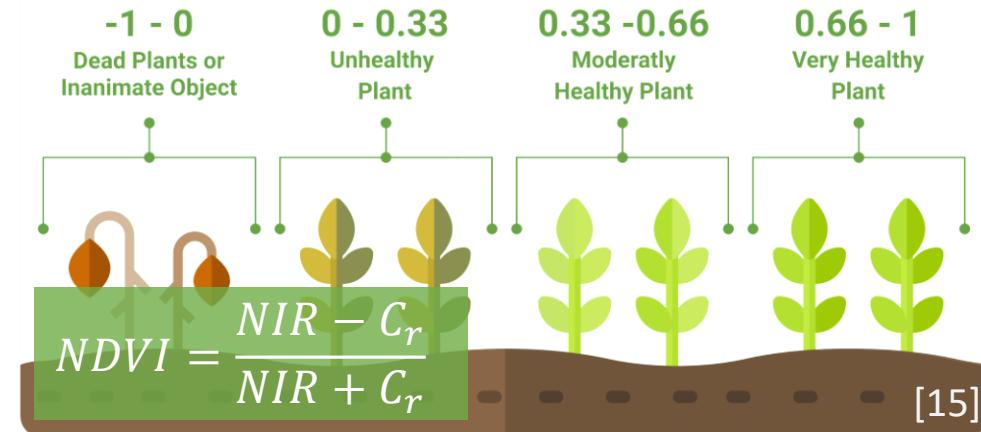
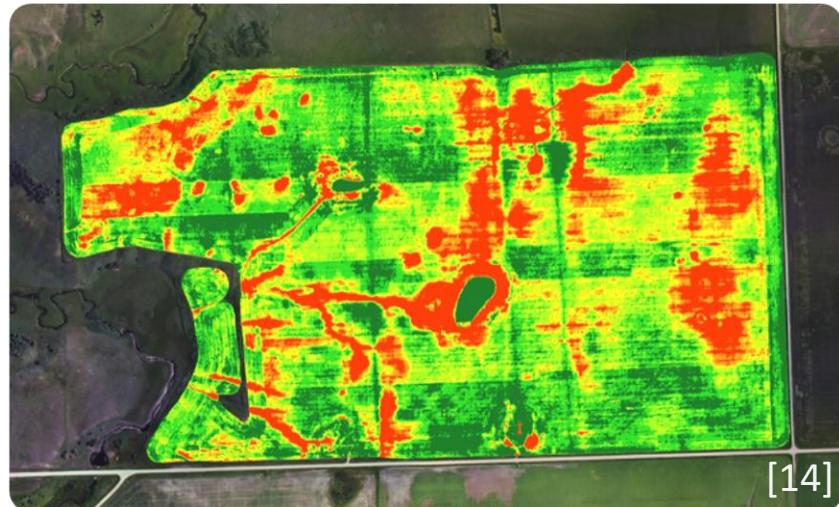
Revue de littérature

De nombreuses solutions de **contrôle automatisé de serre** existent sur le marché

	Growlink [11]	Autogrow [12]	Growtronix [13]
Ressemblance	<p>Capteurs : température, humidité, CO₂, pH de l'eau.</p> <p>Contrôle : irrigation, ventilation, microdosage de la solution d'arrosage.</p> <p>Tous les capteurs sont distribués.</p> <p>Tous les contrôleurs et capteurs sont câblés.</p>		
Dissemblance	Contrôle centralisé de l'irrigation Câblage : fil standard	Contrôle distribué de l'irrigation Câblage : câble coaxial	Contrôle centralisé de l'irrigation Câblage : câble ethernet

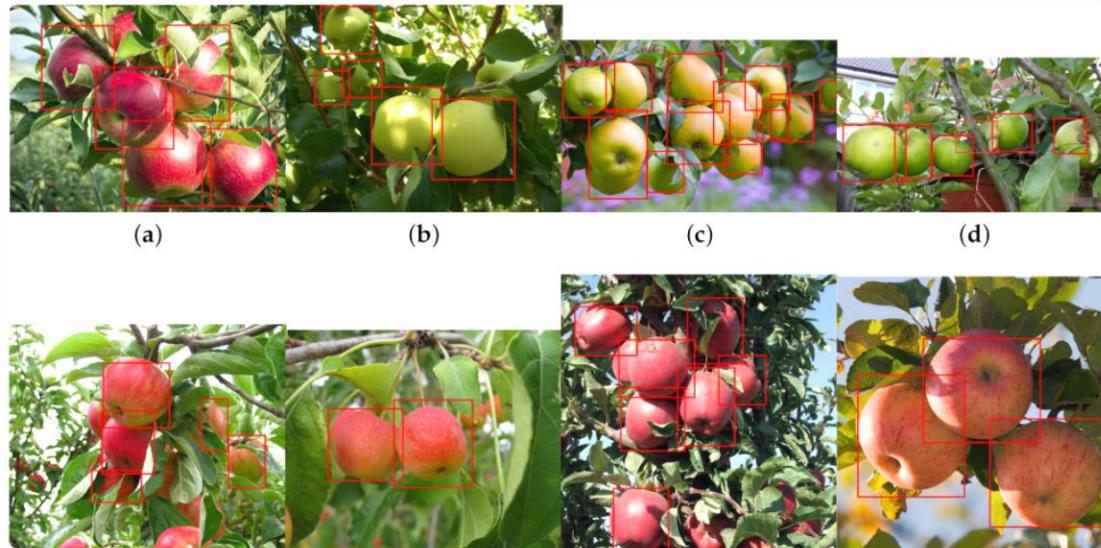
Revue de littérature

- Utilisation de **drones** pour le suivi de champ agricole
 - Vérifier rapidement de grandes surfaces.
 - Permettre le suivi de santé des plantes
 - Aider les agronomes à développer des plans personnalisés liés à la réalité de terrain
- Estimation de la santé des plantes avec des **caméras NDVI**
 - Spectre infrarouge proche (NIR) + Canal rouge d'une image conventionnelle (C_r)



Revue de littérature

- Utilisation de **vision par ordinateur** pour effectuer de la détection d'objet et aider les robots agricoles ou suivre la croissance des plantes.
- Utilisation de micro-ordinateur, tels que les **RaspberryPi** pour s'occuper de l'irrigation et de la ventilation.



[16]



[17]





[18]

Problématique

Problématique

Manque de flexibilité à cause des liaisons filaires

Système statique à faible mobilité qui complique la réorganisation des serres

Approche mobile pour les capteurs et actionneurs semble inexistante pour ce domaine d'application

Certaines offres commerciales pourraient permettre un contrôle à distance mais le manque d'utilisation des caméras rend les gestionnaires aveugles



Pour les solutions utilisant des caméras, le suivi est plus superficiel étant donné l'absence de capteurs



Un problème qui n'a encore jamais été abordé



[19]

Solution

Architecture générale

Smart Greenhouse

Réseaux de capteurs distribués

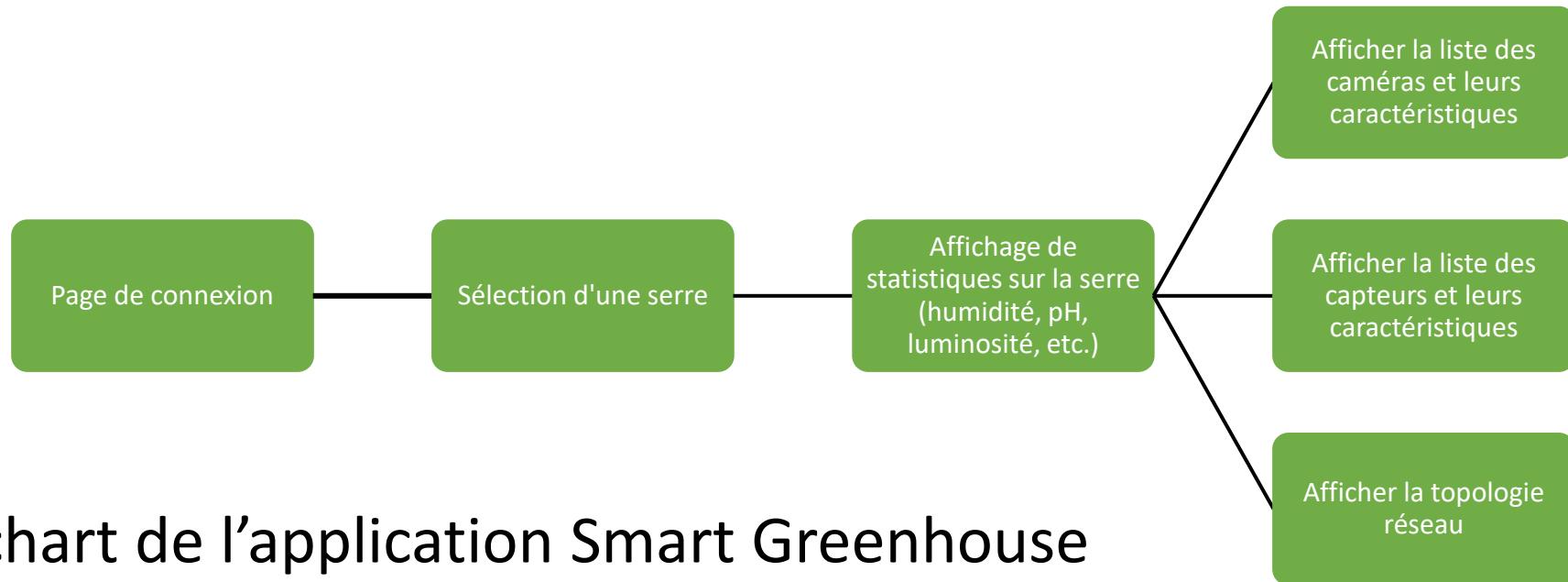
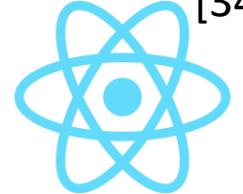
Caméras NDVI combinées avec caméras standards

Contrôle à distance avec une interface web

- Le réseau de capteurs sans fil (RCSF) sera formé de modules ESP32 [20] utilisant la bande WiFi 2.4GHz pour communiquer entre eux et avec les sink. Le protocole utilisé est painlessMesh [21,22]
- Les caméras sont considérées comme les sink de notre RCSF. Elles sont associées avec des Raspberry Pi 4 [23,24] configurés en mode routeur WiFi [25,26,27]
- Pour les caméras standards, le modèle choisi est la **Raspberry Pi Camera V2** avec une résolution de 8 mégapixels [28]
- Pour les caméras NDVI, le modèle choisi est la **Raspberry Pi Camera NoIR V2** avec aussi une résolution de 8 mégapixels [29]
- Pour diminuer les contraintes de bande passante et de consommation d'énergie, les sink sont reliés par câble Ethernet [30]
- Une option sur **la détection d'objet Yolo** [31] permettant un meilleur suivi des plantes dans la serre peut aussi être implémenté directement sur le Raspberry Pi [32,33]

Solution

- Développement d'un prototype web en utilisant ReactJS
- Utilisation de l'API Google Map pour l'emplacement des serres
- Utilisation de librairies visuelles tel que Bootstrap



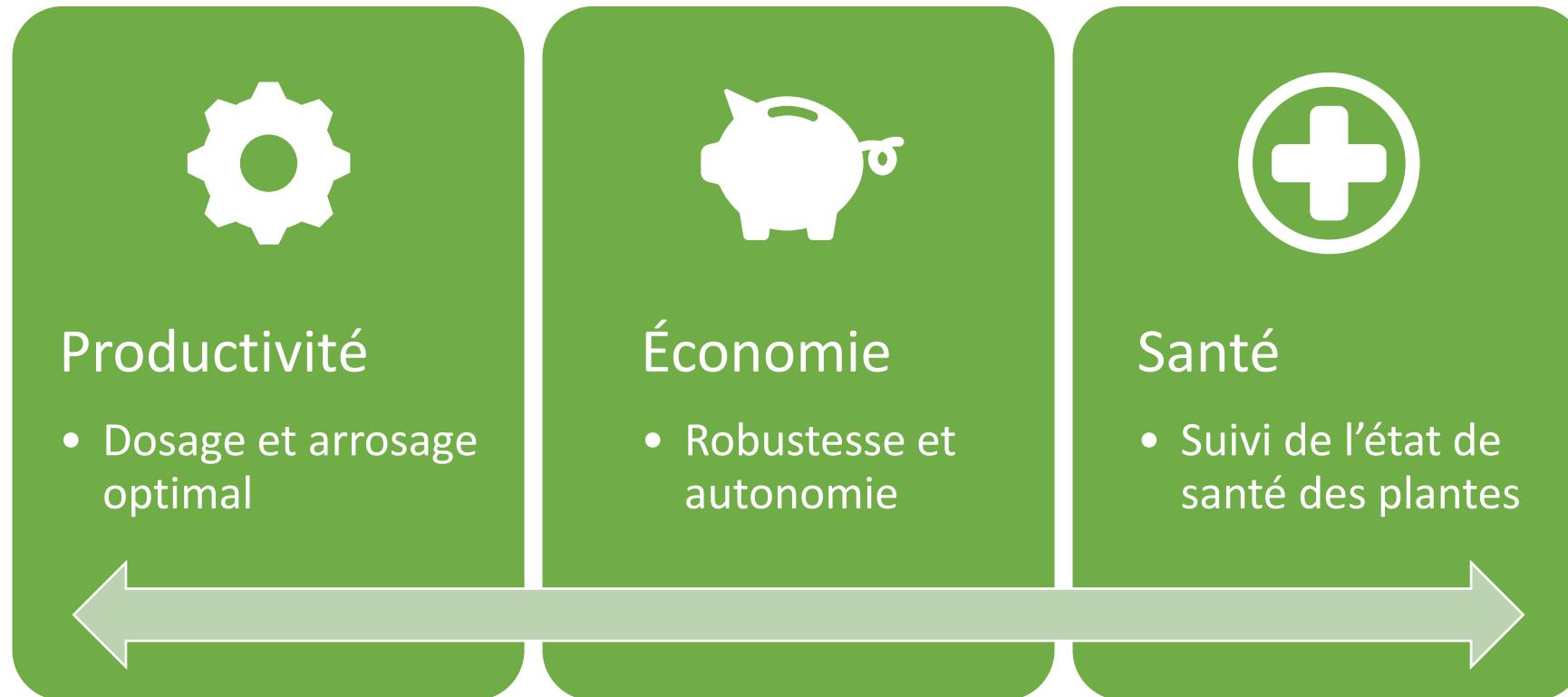
Flowchart de l'application Smart Greenhouse



[36]

Rentabilité

De nombreux avantages s'offrent aux clients collaborant avec Smart Greenhouse.



Rentabilité

Base	Flexible	Extra
<ul style="list-style-type: none">▪ 2 sink▪ 8 CTP▪ 2 CC▪ 4 CL▪ 4 CP▪ 4 CV <p>✓ Responsabilité du client pour l'installation</p> <p>Prix total : 2300\$ + Tx\$</p>	<ul style="list-style-type: none">▪ Sink : 300\$▪ CTP : 40\$▪ CC : 100\$▪ CL : 40\$▪ CP : 80\$▪ CV : 300\$ <p>✓ Installation/Modernisation : 150\$/h</p> <p>✓ Maintenance : 75\$/h/technicien</p> <p>Prix total : NA\$</p>	<ul style="list-style-type: none">▪ 2 sinks▪ 8 CTH▪ 2 CC▪ 4 CL▪ 4 CP▪ 4 CV <p>✓ Installation/Modernisation</p> <p>✓ Maintenance : 75\$/h/technicien</p> <p>Prix total : 2900\$ + Tx\$</p>

CTP : Capteur de température/humidité

CC : Capteur de CO2

CL : Capteur de luminosité

CP : Capteur de pH

CV : Contrôle pour 8 valves

- Pour l'offre de base, le profit réalisé est de **812\$**
- Pour l'offre flexible, le profit réalisé dépend de ce qui est acheté
- Pour l'offre extra, le profit réalisé est de **1052\$**

Estimation des prix

	Micro-contrôleur	Capteurs/Caméras/Accessoires				Coût total	Prix reg.	Prix flex	Profit reg.	Profit flex	
Sink	RPB 4 Model B 1Gb : 48.95\$	RPB Camera V2 33.95\$	RPB Camera NoIR V2 35.95\$	Module Bi-Cameras 40.10\$	PoE Hat 27.95\$	188.90\$	280\$	300\$	91.1\$	111.1\$	
Capteur de température et humidité	ESP32 4.08\$	AM2320 (I2C) 6.18\$	Régulateur 3.3v; Support 4xAAA; 4x Batterie AAA 0.67\$ + 2.90\$ + 4x 0.88\$				17.35\$	30\$	40\$	12.65\$	22.65\$
Capteur CO2	ESP32 4.08\$	U91010001 (I2C) 48.08\$	Régulateur 3.3v; Support 4xAAA; 4x Batterie AAA 0.67\$ + 2.90\$ + 4x 0.88\$				59.25\$	80\$	100\$	20.75\$	40.75\$
Capteur de luminosité	ESP32 4.08\$	VTP9812FH 1.05\$	Régulateur 3.3v; Support 4xAAA; 4x Batterie AAA 0.67\$ + 2.90\$ + 4x 0.88\$				12.22\$	30\$	40\$	17.78\$	27.78\$
Capteur pH	ESP32 4.08\$	PH-4502C 26.95\$	Régulateur 3.3v; Support 4xAAA; 4x Batterie AAA 0.67\$ + 2.90\$ + 4x 0.88\$				38.12\$	60\$	80\$	21.88\$	41.88\$
Contrôle pour 8 valves	ESP32 4.08\$	8x Valve Solenoid 8x 10.89\$	2x Module 4 relais 12v : 2x 32.28\$	Régulateur 3.3v; Support 4xAAA; 4x Batterie AAA 0.67\$ + 2.90\$ + 4x 0.88\$			162.85\$	250\$	300\$	87.15\$	137.15\$
Main d'œuvre		Installation/Modernisation : 4h à deux techniciens Maintenance : un technicien facturé à l'heure				45.00\$/h	70.00\$/h	75.00\$/h	25.00\$/h	30.00\$/h	

L'ensemble des références des composants est disponible dans le rapport du projet



[37]

Démonstration

Bibliographie

- [1] « Tractor with Sunset Edited cropped new.jpg (5472×2808) ». <https://www.azfb.org/WebsitePageFile/File/E0073559-C7C0-4D38-9E8CA183FC2ED279/Tractor%20with%20Sunset%20Edited%20cropped%20new.jpg> (consulté le 20 novembre 2022).
- [2] « shutterstock_1090514927.jpg ». https://intetics.com/wp-content/uploads/2020/02/shutterstock_1090514927.jpg (consulté le 20 novembre 2022).
- [3] « Shutterstock_1104450200.jpg ». https://assets-global.website-files.com/5ef8b3d80f5e290ff3354f5f/5f085e03e2d80ec4c9873308_shutterstock_1104450200.jpg (consulté le 20 novembre 2022).
- [4] « Population mondiale », *Wikipédia*. 9 novembre 2022. Consulté le: 20 novembre 2022. [En ligne]. Disponible à: https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Population_mondiale&oldid=198512457
- [5] A. and A.-F. Canada, « Statistical Overview of the Canadian Greenhouse Vegetable Industry, 2019 », 30 décembre 2020. <https://agriculture.canada.ca/en/canadas-agriculture-sectors/horticulture/horticulture-sector-reports/statistical-overview-canadian-greenhouse-vegetable-industry-2019> (consulté le 20 novembre 2022).
- [6] SeeTree, « Origins of Agriculture: Early History Part 1 », *Medium*, 15 novembre 2018. <https://medium.com/@SeeTree/origins-of-agriculture-early-history-part-1-2c7ffe4c034c> (consulté le 20 novembre 2022).
- [7] « Old Case Tractor Pictures », *Old Tractor Pictures*. <https://oldtractorpictures.com/case/> (consulté le 20 novembre 2022).
- [8] « 4 Steps to Get Started with Precision Ag - Trimble Agriculture ». <https://agriculture.trimble.com/blog/how-to-start-using-precision-ag/> (consulté le 20 novembre 2022).
- [9] R. Soutar, « Agriculture 4.0 promises to transform food production », *Dialogo Chino*, 8 janvier 2020. <https://dialogochino.net/en/agriculture/32645-agriculture-4-0-promises-to-transform-food-production/> (consulté le 20 novembre 2022).
- [10] « pepper-greenhouse-project-picture-5.-harvesting.png (1200×800) ». <http://prinsusa.com/site/wp-content/uploads/2019/01/pepper-greenhouse-project-picture-5.-harvesting.png> (consulté le 20 novembre 2022).
- [11] « Growlink Smart Irrigation System | Fertigation | Cultivation Technology », *Growlink*. <https://www.growlink.com> (consulté le 14 novembre 2022).
- [12] « Grow Room & Greenhouse Monitoring Products & Solutions », *Autogrow*. <https://autogrow.com/our-products-solutions/all-products> (consulté le 14 novembre 2022).
- [13] « Growtronix Base System - Growtronix ». <https://www.growtronix.com/cart/home/1-growtronix-base-system.html> (consulté le 14 novembre 2022)

Bibliographie

- [14] « NDVI-DRONE.png (1300×793) ». <https://www.droneonair.com/wp-content/uploads/2017/12/NDVI-DRONE.png> (consulté le 20 novembre 2022).
- [15] « plants.png (2520×1324) ». <https://www.handalselaras.com/wp-content/uploads/2019/10/plants.png> (consulté le 20 novembre 2022).
- [16] I. Sa, Z. Ge, F. Dayoub, B. Upcroft, T. Perez, et C. McCool, « DeepFruits: A Fruit Detection System Using Deep Neural Networks », *Sensors*, vol. 16, n° 8, Art. n° 8, août 2016, doi: [10.3390/s16081222](https://doi.org/10.3390/s16081222).
- [17] « Monitor plant quality with next-gen sensors », *Greenhouse Management*. <https://www.greenhousemag.com/article/cultivate-krishna-nemali-next-gen-sensors/> (consulté le 20 novembre 2022).
- [18] « Photo+3,+DSC_0057,+Photo+courtesy+of+Cornell+Univ..JPG (1600×1064) ». https://4.bp.blogspot.com/-qwzFsGlyIkg/UNy-zk-v_YI/AAAAAAAek/wHl00YGT3ho/s1600/Photo+3,+DSC_0057,+Photo+courtesy+of+Cornell+Univ..JPG (consulté le 20 novembre 2022).
- [19] « strawberries-in-a-greenhouse.jpg (1255×835) ». <https://www.gardeningknowhow.com/wp-content/uploads/2019/01/strawberries-in-a-greenhouse.jpg> (consulté le 20 novembre 2022).
- [20] ESP32 Wi-Fi & Bluetooth Modules | Espressif. URL: <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32> (visited on 11/16/2022).
- [21] painlessMesh. GitLab. URL: <https://gitlab.com/painlessMesh/painlessMesh> (visited on 11/16/2022).
- [22] . ESP-MESH with ESP32 and ESP8266: Getting Started — Random Nerd Tutorials. Nov. 18, 2020. URL: <https://randomnerdtutorials.com/esp-mesh-esp32-esp8266-painlessmesh/> (visited on 11/16/2022).
- [23] Eric MudPi. Automated Garden System Built on Raspberry Pi for Outdoors or Indoors. Instructables. 2021. URL: <https://www.instructables.com/Automated-Garden-System-Built-on-RaspberryPi-for-O/> (visited on 11/15/2022).
- [24] Raspberry Pi Ltd. Buy a Raspberry Pi 4 Model B. Raspberry Pi. URL: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/> (visited on 11/16/2022).
- [25] Soren. How-To: Turn a Raspberry Pi into a WiFi router. Raspberry Pi HQ. Dec. 5, 2013. URL: <https://raspberrypihq.com/how-to-turn-a-raspberry-pi-into-a-wifi-router/> (visited on 11/16/2022).

Bibliographie

- [26] Raspberry Pi As Completely Wireless Router. Instructables circuits. 2018. URL: <https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-As-Completely-Wireless-Router/> (visited on 11/16/2022).
- [27] Matt Mills. How to Configure a Raspberry Pi or Linux System as a WiFi Router. ITIGIC. Jan. 15, 2021. URL: <https://itigic.com/configure-raspberry-pi-or-linux-system-as-wifi-router/> (visited on 11/16/2022).
- [28] Raspberry Pi Camera V2 - 8MP. PiShop.ca. URL: <https://www.pishop.ca/product/raspberry-pi-8mp-camera-board-v2/> (visited on 11/16/2022).
- [29] Raspberry Pi Camera NoIR V2 - 8MP. PiShop.ca. URL: <https://www.pishop.ca/product/raspberry-pi-noir-camera-module-v2-8mp/> (visited on 11/16/2022).
- [30] Raspberry Pi Ltd. Raspberry Pi 4 Model B specifications. Raspberry Pi. URL: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/> (visited on 11/16/2022).
- [31] Abi Aggarwal. YOLO Explained. What is YOLO? Medium. Dec. 27, 2020. URL: <https://medium.com/analytics-vidhya/yolo-explained-5b6f4564f31> (visited on 11/16/2022).
- [32] Jordan Johnston. Tutorial: Running YOLOv5 Machine Learning Detection on a Raspberry Pi 4. Medium. Apr. 8, 2021. URL: <https://jordan-johnston271.medium.com/tutorial-running-yolov5-machine-learning-detection-on-a-raspberry-pi-4-3938add0f719> (visited on 11/16/2022).
- [33] Adrian Rosebrock. YOLO and Tiny-YOLO object detection on the Raspberry Pi and Movidius NCS. PyImageSearch. Jan. 27, 2020. URL: <https://pyimagesearch.com/2020/01/27/yolo-and-tiny-yolo-object-detection-on-the-raspberry-pi-and-movidius-ncs/> (visited on 11/16/2022).
- [34] « Bootstrap Logo PNG Vectors Free Download », Seeklogo. <https://seeklogo.com/free-vector-logos/bootstrap> (consulté le 20 novembre 2022).
- [35] *The logo for the React open source JavaScript library*. Consulté le: 20 novembre 2022. [En ligne]. Disponible à: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:React-icon.svg>
- [36] « Cucumber-Greenhouse-Thinkstock.jpg (4288x2848) ». <https://www.foodincanada.com/wp-content/uploads/2017/03/Cucumber-Greenhouse-Thinkstock.jpg> (consulté le 21 novembre 2022).
- [37] : Photo libre de droit fournie par PowerPoint



[37]

Conclusion/Questions

