Seguiment d'extremitats de ratolins en experiments optogenètics

Pere Parés Casellas

Universitat Oberta de Catalunya

Tutor: David Masip Rodó

Titulació: Màster en Enginyeria Informàtica

2 de gener del 2015

Índex

Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

Disseny

Resultats

Validació dels resultats

Conclusions i Treball Futur

Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

Disseny

Resultats

Validació dels resultats

Conclusions i Treball Futur

Antecedents

- Sorgeix de les necessitats del grup de recerca en optogenètica, el *Neuroscience Institute* de la Universitat de Princeton, New Jersey.
- *Optogenètica*: tècnica utilitzada en l'àmbit de la neurociència que utilitza llum per a controlar neurones modificades genèticament per a esser-hi sensibles.
  - Controlar i monitorar activitat neuronal i mesurar-ne els efectes en temps real.

Antecedents

- Sorgeix de les necessitats del grup de recerca en optogenètica, el *Neuroscience Institute* de la Universitat de Princeton, New Jersey.
- *Optogenètica*: tècnica utilitzada en l'àmbit de la neurociència que utilitza llum per a controlar neurones modificades genèticament per a esser-hi sensibles.
  - Controlar i monitorar activitat neuronal i mesurar-ne els efectes en temps real.

Antecedents

- Aplicat a ratolins vius dins un entorn de proves controlat per comprovar quin efecte tenen les manipulacions sobre l'aparell motor de l'animal.
- Interessa poder determinar en tot moment la posició de les extremitats a partir d'algorismes de visió artificial aplicats a vídeos capturats a l'entorn real de prova.

Antecedents

- Aplicat a ratolins vius dins un entorn de proves controlat per comprovar quin efecte tenen les manipulacions sobre l'aparell motor de l'animal.
- Interessa poder determinar en tot moment la posició de les extremitats a partir d'algorismes de visió artificial aplicats a vídeos capturats a l'entorn real de prova.

Objectius

- **Aplicar tècniques de visió artificial per aconseguir localitzar les extremitats dels ratolins dins l'entorn de prova.**
  - Segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn en un vídeo.
  - Localitzar les extremitats visibles de l'animal en un vídeo.
  - Extreure mesures valuoses a partir de la localització anterior.
  - Capacitat per avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos.
  - Proporcionar una eina d'utilitat per l'equip de recerca del *Neuroscience Institute*.

Objectius

- **Aplicar tècniques de visió artificial per aconseguir localitzar les extremitats dels ratolins dins l'entorn de prova.**
  - Segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn en un vídeo.
  - Localitzar les extremitats visibles de l'animal en un vídeo.
  - Extreure mesures valuoses a partir de la localització anterior.
  - Capacitat per avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos.
  - Proporcionar una eina d'utilitat per l'equip de recerca del *Neuroscience Institute*.

Objectius

- **Aplicar tècniques de visió artificial per aconseguir localitzar les extremitats dels ratolins dins l'entorn de prova.**
  - Segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn en un vídeo.
  - Localitzar les extremitats visibles de l'animal en un vídeo.
  - Extreure mesures valuoses a partir de la localització anterior.
  - Capacitat per avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos.
  - Proporcionar una eina d'utilitat per l'equip de recerca del *Neuroscience Institute*.

Objectius

- **Aplicar tècniques de visió artificial per aconseguir localitzar les extremitats dels ratolins dins l'entorn de prova.**
  - Segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn en un vídeo.
  - Localitzar les extremitats visibles de l'animal en un vídeo.
  - Extreure mesures valuoses a partir de la localització anterior.
  - Capacitat per avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos.
  - Proporcionar una eina d'utilitat per l'equip de recerca del *Neuroscience Institute*.

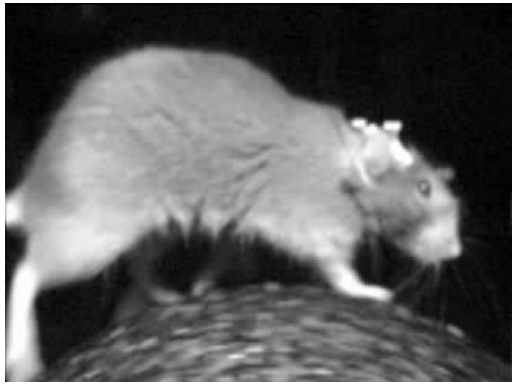
Objectius

- **Aplicar tècniques de visió artificial per aconseguir localitzar les extremitats dels ratolins dins l'entorn de prova.**
  - Segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn en un vídeo.
  - Localitzar les extremitats visibles de l'animal en un vídeo.
  - Extreure mesures valuoses a partir de la localització anterior.
  - Capacitat per avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos.
  - Proporcionar una eina d'utilitat per l'equip de recerca del *Neuroscience Institute*.

Objectius

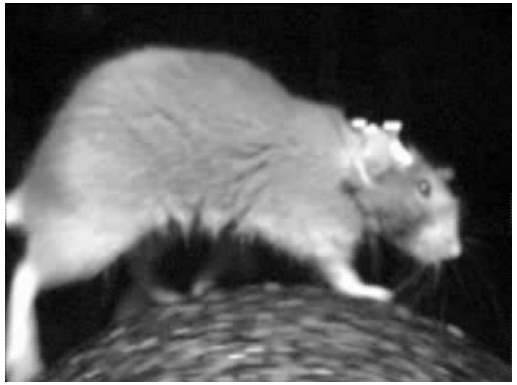
- **Aplicar tècniques de visió artificial per aconseguir localitzar les extremitats dels ratolins dins l'entorn de prova.**
  - Segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn en un vídeo.
  - Localitzar les extremitats visibles de l'animal en un vídeo.
  - Extreure mesures valuoses a partir de la localització anterior.
  - Capacitat per avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos.
  - Proporcionar una eina d'utilitat per l'equip de recerca del *Neuroscience Institute*.

Característiques del problema



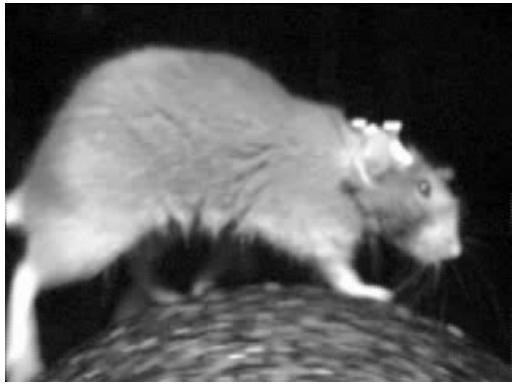
- Cap fixat, la resta del cos en llibertat sobre una roda.
- Entorn a les fosques.
- Gravació del comportament del rosegador amb una càmera i llum infraroja durant tot l'experiment.
- Vídeos mostren el ratolí en moviment constant i ràpid.

Característiques del problema



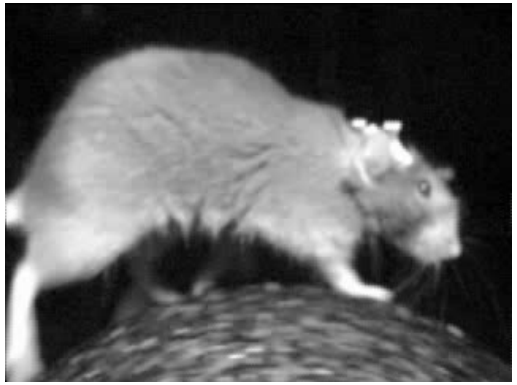
- Cap fixat, la resta del cos en llibertat sobre una roda.
- Entorn a les fosques.
- Gravació del comportament del rosegador amb una càmera i llum infraroja durant tot l'experiment.
- Vídeos mostren el ratolí en moviment constant i ràpid.

Característiques del problema



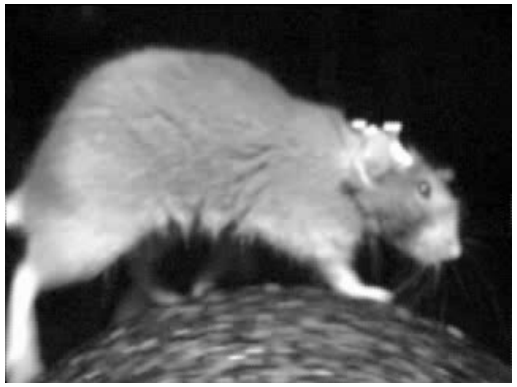
- Cap fixat, la resta del cos en llibertat sobre una roda.
- Entorn a les fosques.
- Gravació del comportament del rosegador amb una càmera i llum infraroja durant tot l'experiment.
- Vídeos mostren el ratolí en moviment constant i ràpid.

Característiques del problema



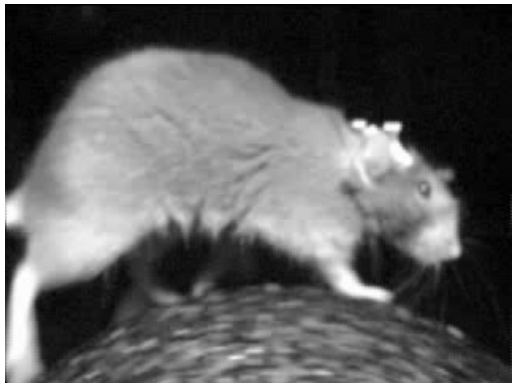
- Cap fixat, la resta del cos en llibertat sobre una roda.
- Entorn a les fosques.
- Gravació del comportament del rosegador amb una càmera i llum infraroja durant tot l'experiment.
- Vídeos mostren el ratolí en moviment constant i ràpid.

Característiques del problema



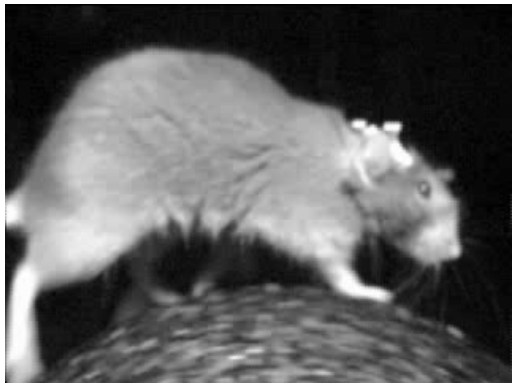
- Fotogrames de baixa resolució.
- Poca informació de color degut a la il·luminació infra roja.
- El cos del ratolí presenta un alt contrast amb el fons.
- Extremitats molt flexibles, deformables i mai presenten una forma constant.

Característiques del problema



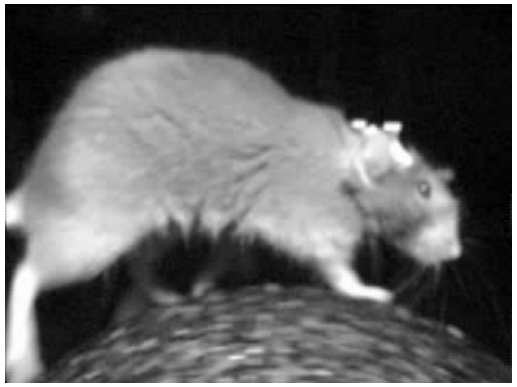
- Fotogrames de baixa resolució.
- Poca informació de color degut a la il·luminació infra roja.
- El cos del ratolí presenta un alt contrast amb el fons.
- Extremitats molt flexibles, deformables i mai presenten una forma constant.

Característiques del problema



- Fotogrames de baixa resolució.
- Poca informació de color degut a la il·luminació infra roja.
- El cos del ratolí presenta un alt contrast amb el fons.
- Extremitats molt flexibles, deformables i mai presenten una forma constant.

Característiques del problema



- Fotogrames de baixa resolució.
- Poca informació de color degut a la il·luminació infra roja.
- El cos del ratolí presenta un alt contrast amb el fons.
- Extremitats molt flexibles, deformables i mai presenten una forma constant.

Tecnologia

- *Python*
  - Proporciona agilitat i dinamisme a l'entorn de proves.
  - Llibreries útils per atacar el problema:
    - *OpenCV*
    - *NumPy*
    - *SciPy*
    - *scikit-image*
  - *Sphinx*
  - Baix rendiment respecte altres llenguatges.

Tecnologia

- *OpenCV*
  - Llibreries especialitzades en visió per computador.
  - *Open Source*
  - Multi plataforma.
  - Experiència prèvia.
  - Ben integrades amb *Python*.

Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

Disseny

Resultats

Validació dels resultats

Conclusions i Treball Futur

Gantt

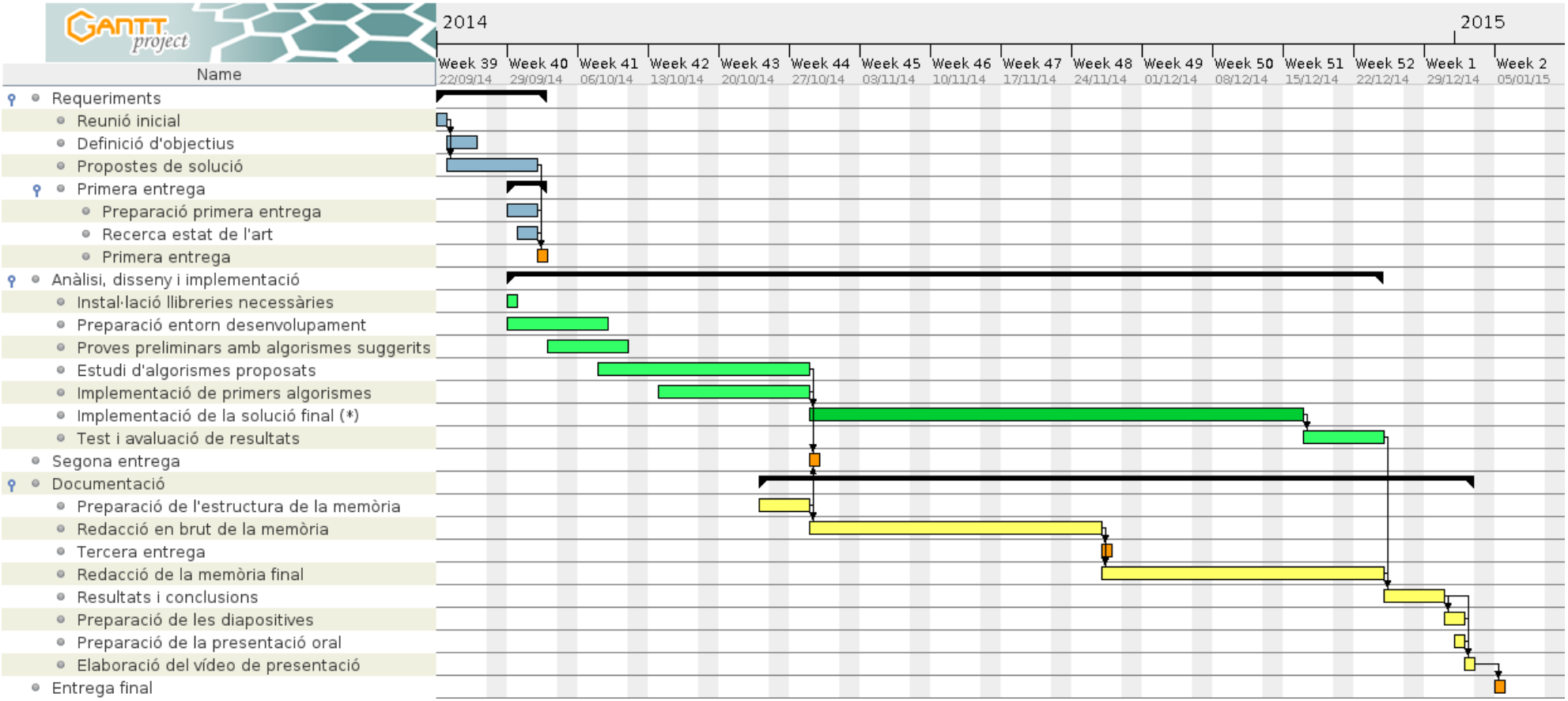


Figura: Diagrama de *Gantt*

Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

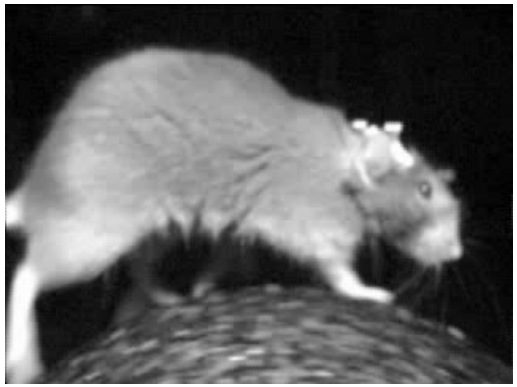
Disseny

Resultats

Validació dels resultats

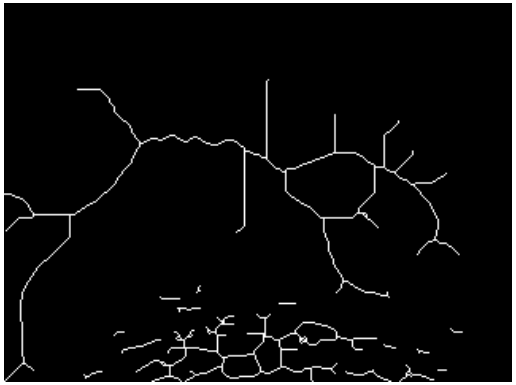
Conclusions i Treball Futur

Esquelet topològic

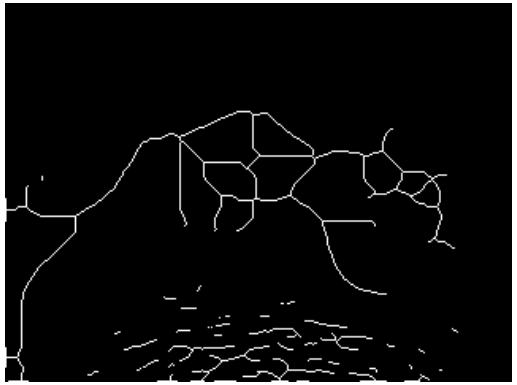


(a) Original

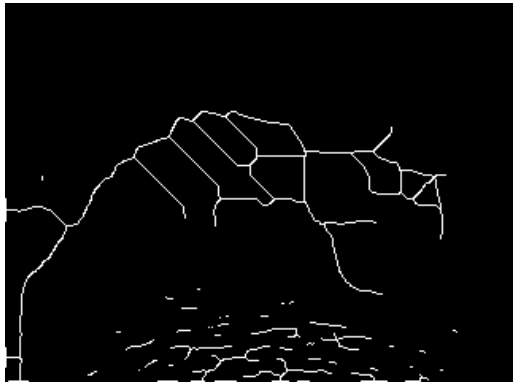
(b) Binarització Otsu



(c) SciPy



(d) Guo-Hall



(e) Zhang-Suen

Grab-cut assistit

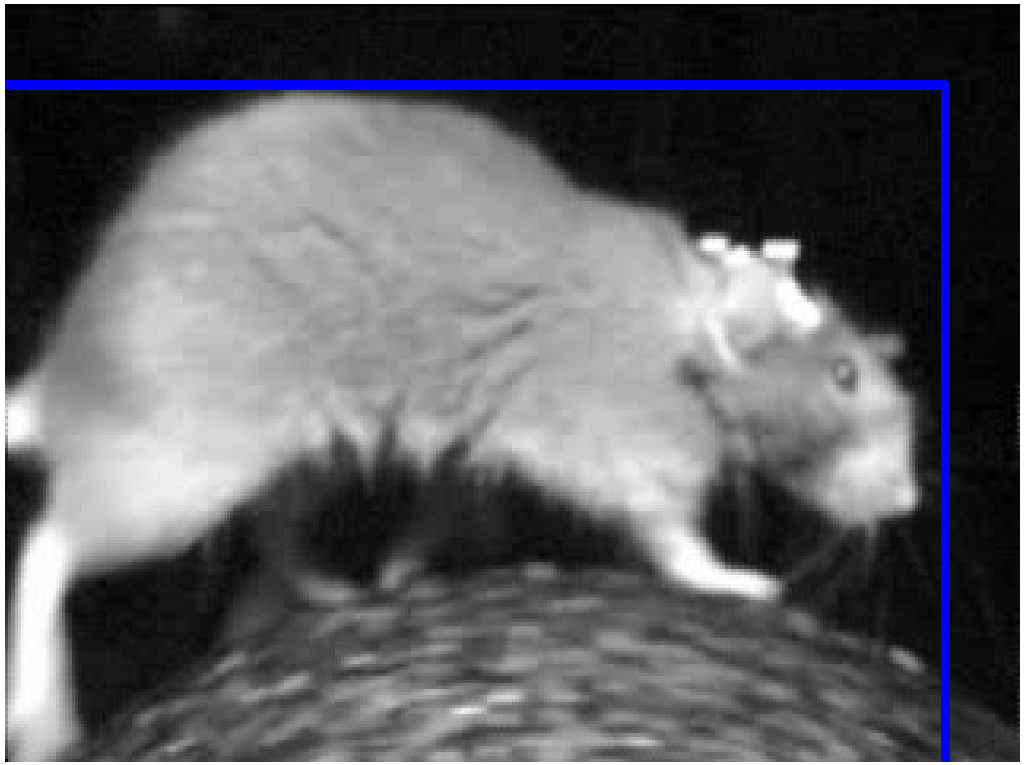


Figura: Rectangle manual

Grab-cut assistit

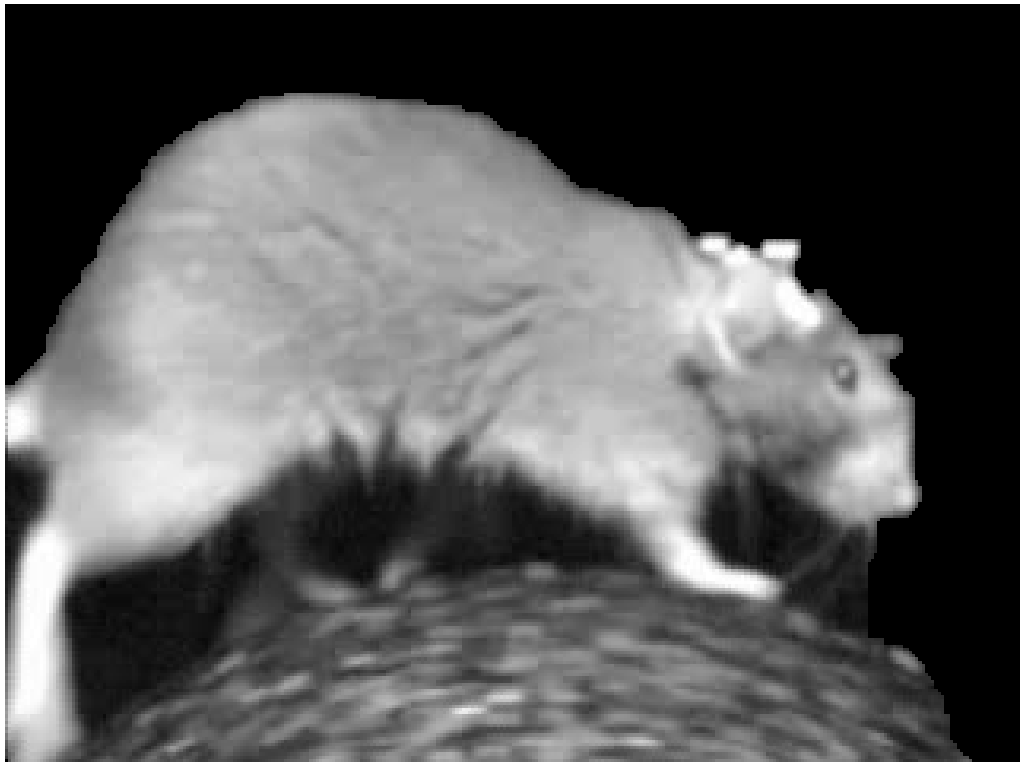


Figura: Iteració amb el rectangle manual

Grab-cut assistit

Figura: Fons marcat de forma manual

Grab-cut assistit

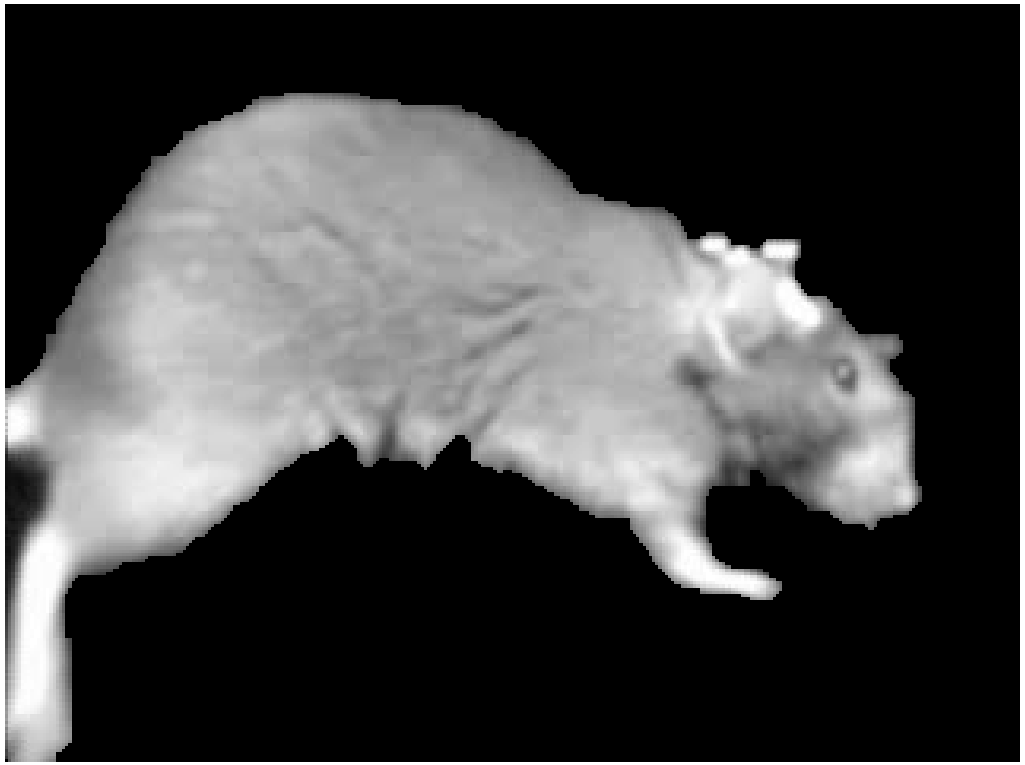
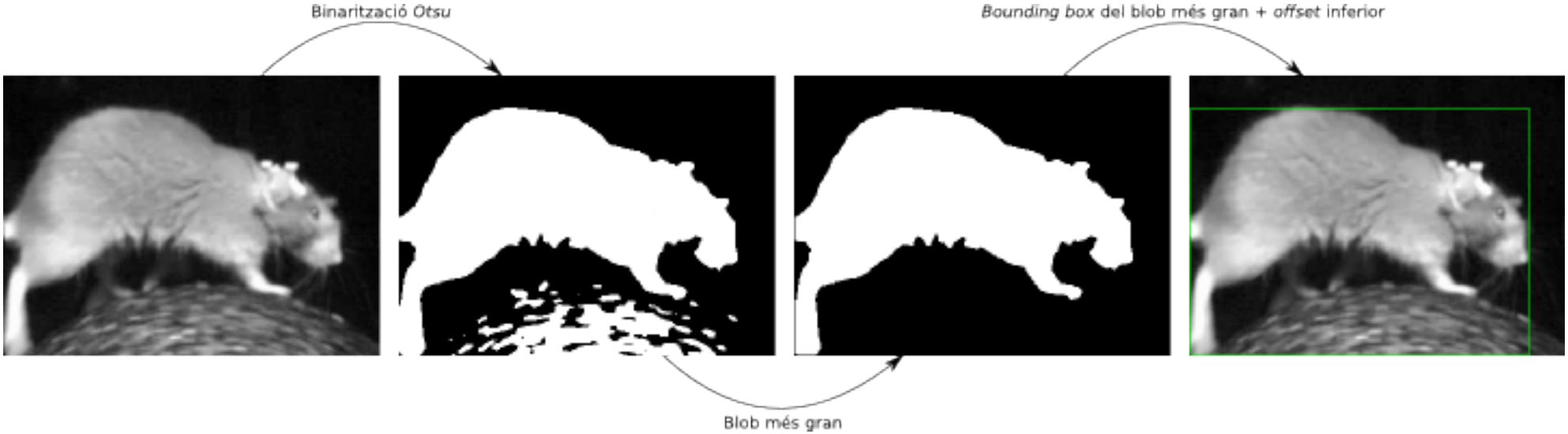
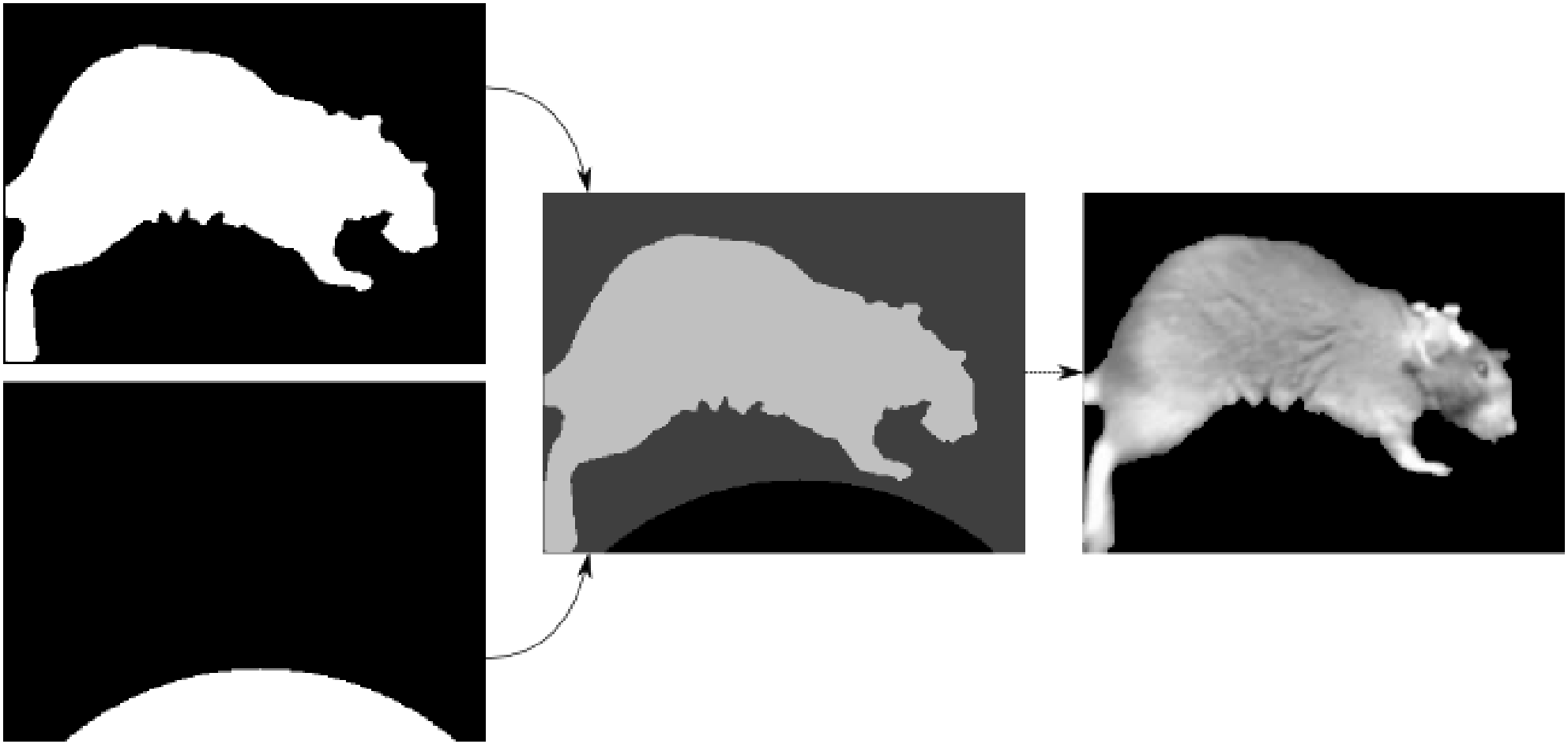


Figura: Resultat final manual

Grab-cut automatitzat - rectangle inicial



Grab-cut automatitzat - millorar la màscara



Classificació *Haar*

- Utilitzat per a detectar la posició de les potes i el cap.
- Utilitza característiques *Haar-like* per detectar objectes dins una imatge.
- La classificació comprèn dues fases:
  - **Entrenament**: requereix múltiples exemples per aprendre a detectar cert objecte, tant exemples positius com negatius.
  - **Detecció**: es realitza un recorregut sobre l'imatge aplicant els filtres i es comparen amb els valors del classificador entrenat.
- *OpenCV* proporciona un entrenador i un classificador.

Classificació *Haar*

- Utilitzat per a detectar la posició de les potes i el cap.
- Utilitza característiques *Haar-like* per detectar objectes dins una imatge.
- La classificació comprèn dues fases:
  - **Entrenament**: requereix múltiples exemples per aprendre a detectar cert objecte, tant exemples positius com negatius.
  - **Detecció**: es realitza un recorregut sobre l'imatge aplicant els filtres i es comparen amb els valors del classificador entrenat.
- *OpenCV* proporciona un entrenador i un classificador.

Classificació *Haar*

- Utilitzat per a detectar la posició de les potes i el cap.
- Utilitza característiques *Haar-like* per detectar objectes dins una imatge.
- La classificació comprèn dues fases:
  - **Entrenament**: requereix múltiples exemples per aprendre a detectar cert objecte, tant exemples positius com negatius.
  - **Detecció**: es realitza un recorregut sobre l'imatge aplicant els filtres i es comparen amb els valors del classificador entrenat.
- *OpenCV* proporciona un entrenador i un classificador.

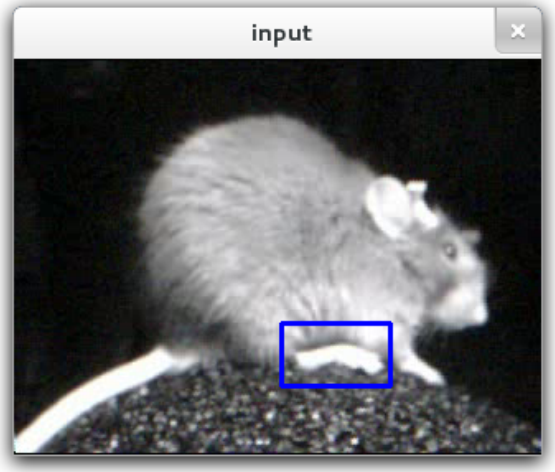
Classificació *Haar*

- Utilitzat per a detectar la posició de les potes i el cap.
- Utilitza característiques *Haar-like* per detectar objectes dins una imatge.
- La classificació comprèn dues fases:
  - **Entrenament**: requereix múltiples exemples per aprendre a detectar cert objecte, tant exemples positius com negatius.
  - **Detecció**: es realitza un recorregut sobre l'imatge aplicant els filtres i es comparen amb els valors del classificador entrenat.
- *OpenCV* proporciona un entrenador i un classificador.

Classificador *Haar* - Entrenament

- Recol·lecció d'exemples positius i negatius per l'entrenador d'*OpenCV*:

```
pparescasellas@deb7:~/tfm/src$ python haar_sampler.py
---------------------------- TFM - Pere Parés Casellas ----------------------------
 Instructions:

 Draw a rectangle around the desired image and:
 - press "t" to mark true examples.
 - press "f" to mark false examples.
 - press "s" to capture and store the ROI.
 - press "n" to go to the next frame.

Storing ROIs as positive examples.
Result saved as a positive example: ../assets/haar_training/positives/0.png
```

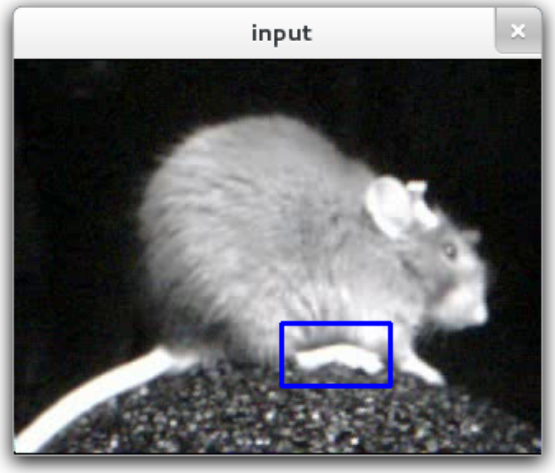


- Creació automàtica de l'arbre de directoris i dels fitxers requerits com a *input* per l'entrenador d'*OpenCV*.

Classificador *Haar* - Entrenament

- Recol·lecció d'exemples positius i negatius per l'entrenador d'*OpenCV*:

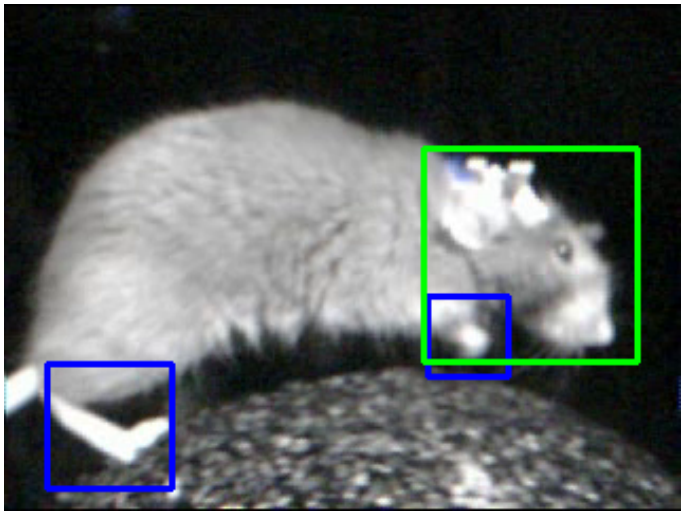
```
pparescasellas@deb7:~/tfm/src$ python haar_sampler.py
---------------------------- TFM - Pere Parés Casellas ----------------------------
 Instructions:

 Draw a rectangle around the desired image and:
 - press "t" to mark true examples.
 - press "f" to mark false examples.
 - press "s" to capture and store the ROI.
 - press "n" to go to the next frame.

Storing ROIs as positive examples.
Result saved as a positive example: ../assets/haar_training/positives/0.png
```



- Creació automàtica de l'arbre de directoris i dels fitxers requerits com a *input* per l'entrenador d'*OpenCV*.

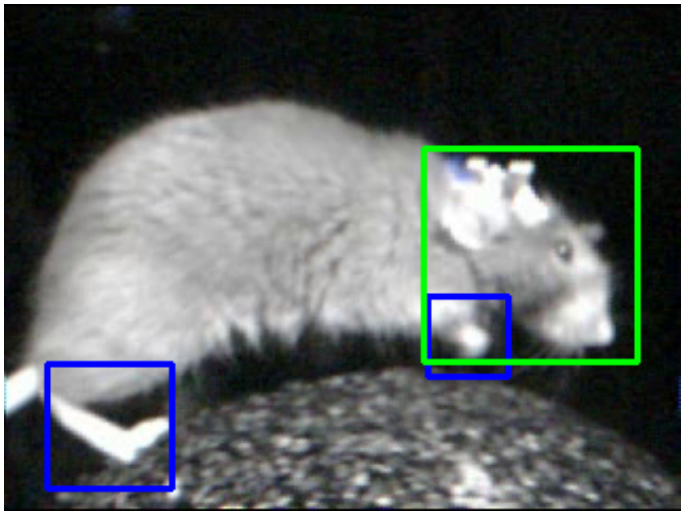
Classificador *Haar* - Detecció

- Un cop finalitzat el procediment d'entrenament s'obté un fitxer *XML* que és el que descriu el classificador en cascada.
- Utilitzant els classificadors entrenats sobre imatges de prova s'obtenen resultats com el següent:



Classificador *Haar* - Detecció

- Un cop finalitzat el procediment d'entrenament s'obté un fitxer *XML* que és el que descriu el classificador en cascada.
- Utilitzant els classificadors entrenats sobre imatges de prova s'obtenen resultats com el següent:



Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

Disseny

Resultats

Validació dels resultats

Conclusions i Treball Futur

Què es volia aconseguir

- Programari prou flexible i dinàmic com per dur a terme moltes proves de forma fàcil.
- Que permetés aplicar diversos algorismes de visió artificial en ordres específics per obtenir el processat final.
- Solució: encapsular algorismes de visió artificial en unitats de procés independents que permetessin rebre una imatge, processar-la, enviar-la al següent algorisme de la cadena i retornar el resultat.

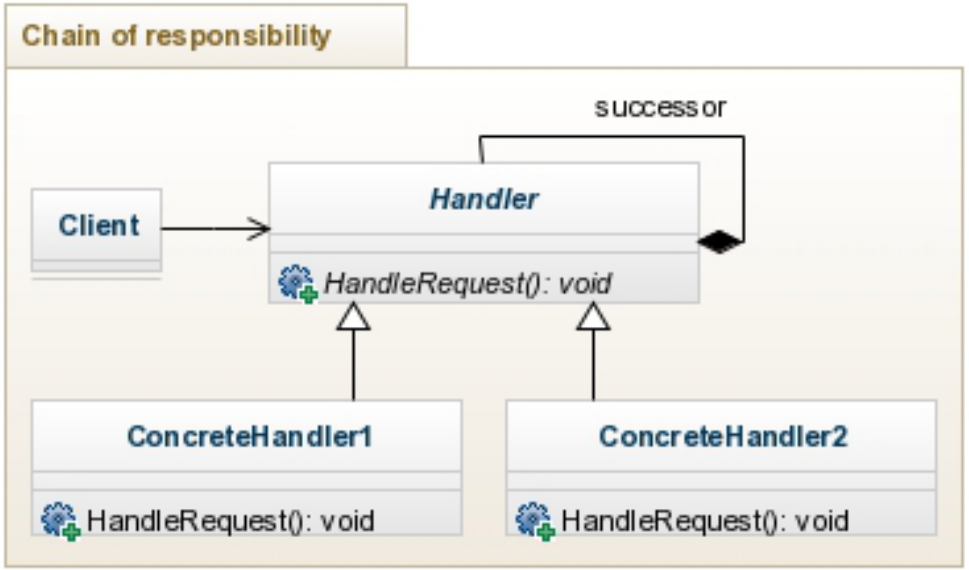
Què es volia aconseguir

- Programari prou flexible i dinàmic com per dur a terme moltes proves de forma fàcil.
- Que permetés aplicar diversos algorismes de visió artificial en ordres específics per obtenir el processat final.
- Solució: encapsular algorismes de visió artificial en unitats de procés independents que permetessin rebre una imatge, processar-la, enviar-la al següent algorisme de la cadena i retornar el resultat.

Què es volia aconseguir

- Programari prou flexible i dinàmic com per dur a terme moltes proves de forma fàcil.
- Que permetés aplicar diversos algorismes de visió artificial en ordres específics per obtenir el processat final.
- Solució: encapsular algorismes de visió artificial en unitats de procés independents que permetessin rebre una imatge, processar-la, enviar-la al següent algorisme de la cadena i retornar el resultat.

Chain of responsibility



Encadenament d'algorismes

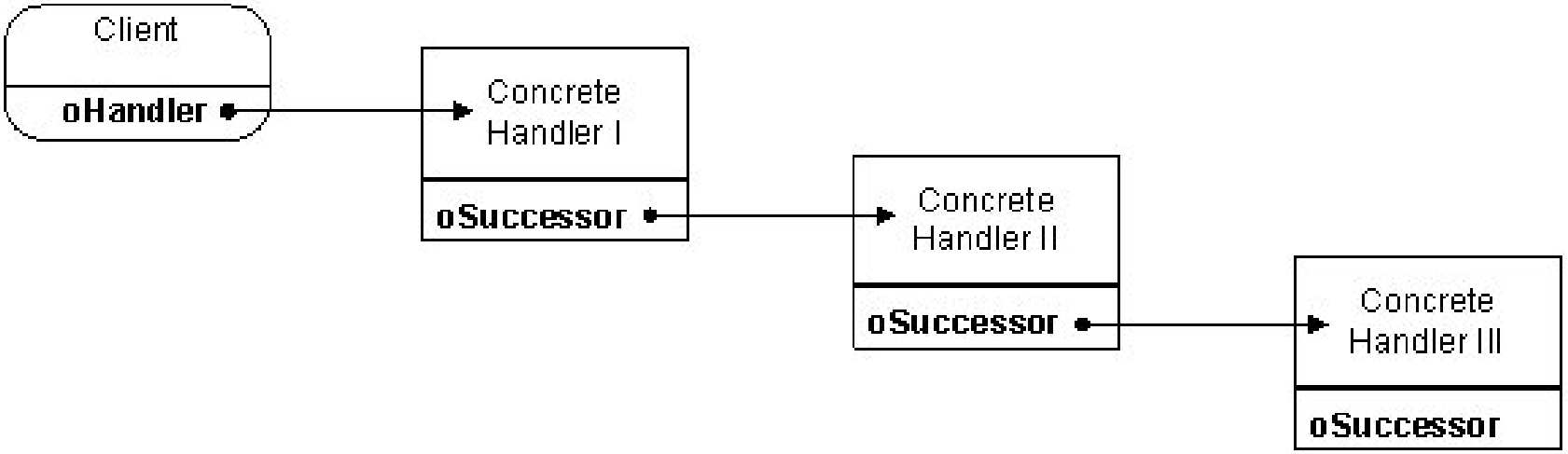
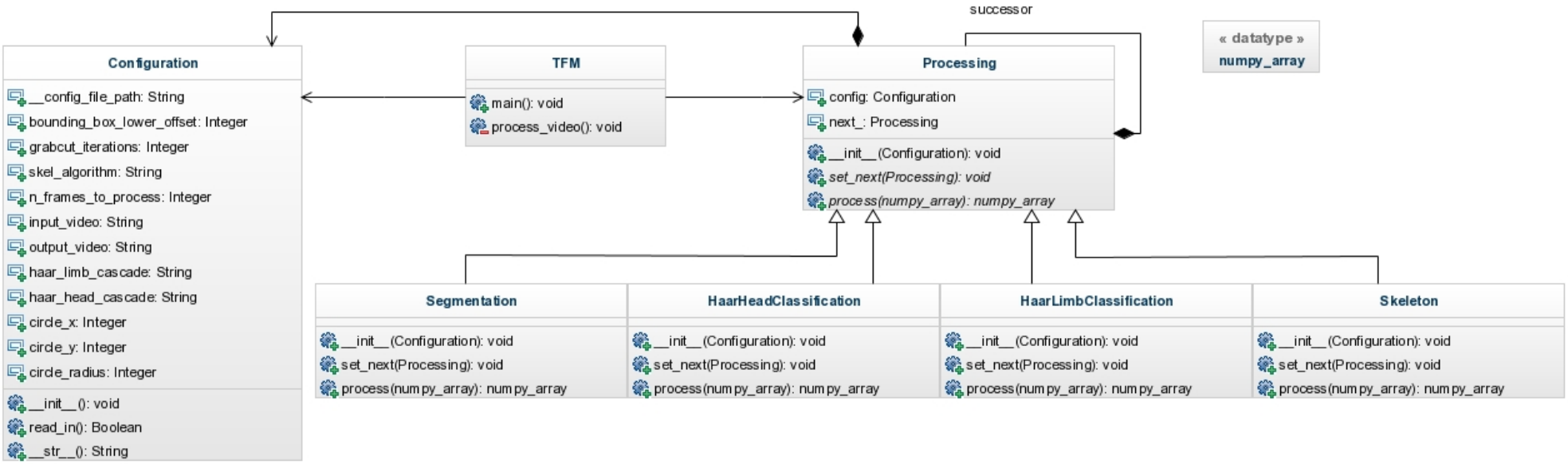


Diagrama de Classes



Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

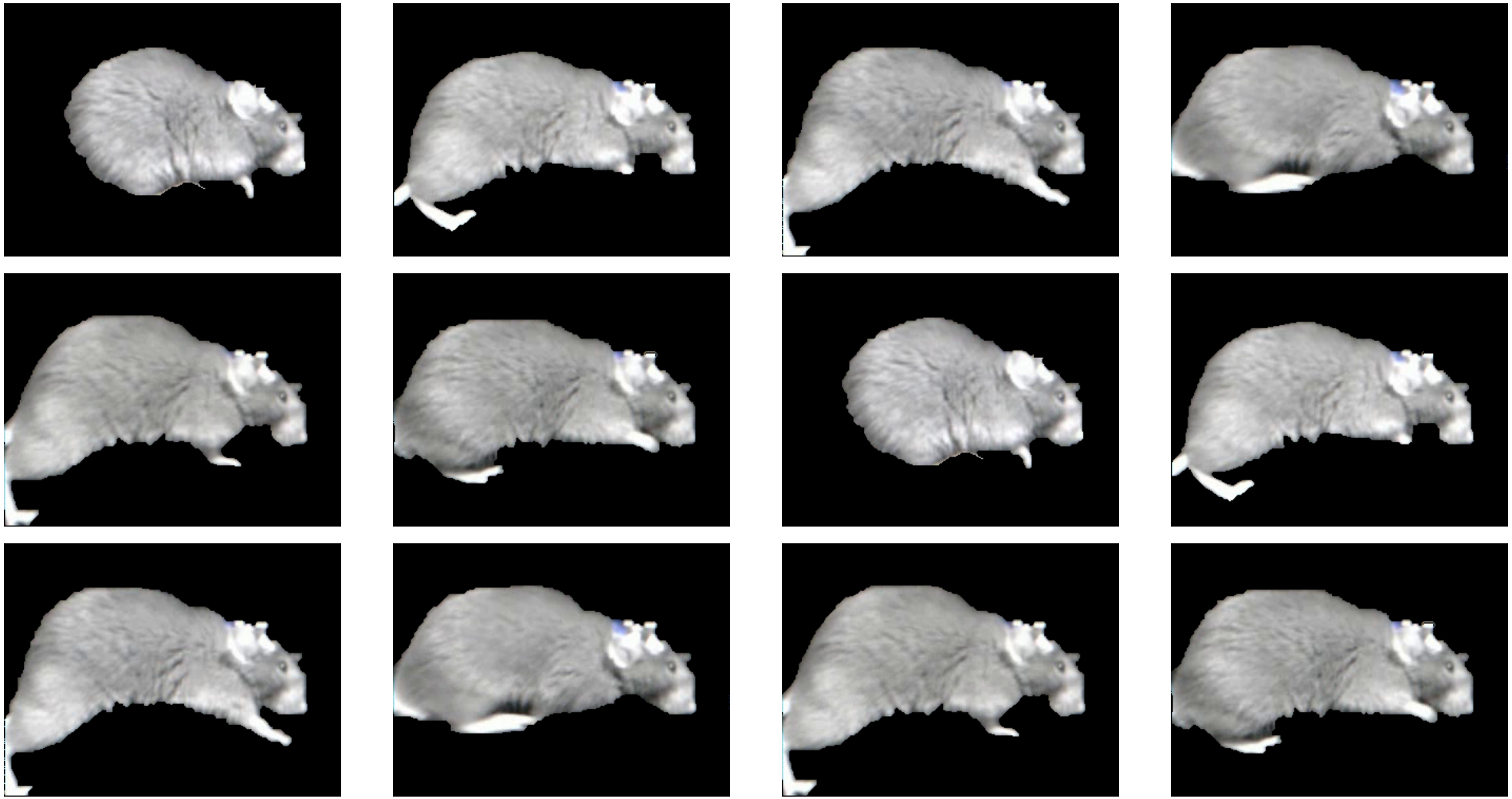
Disseny

Resultats

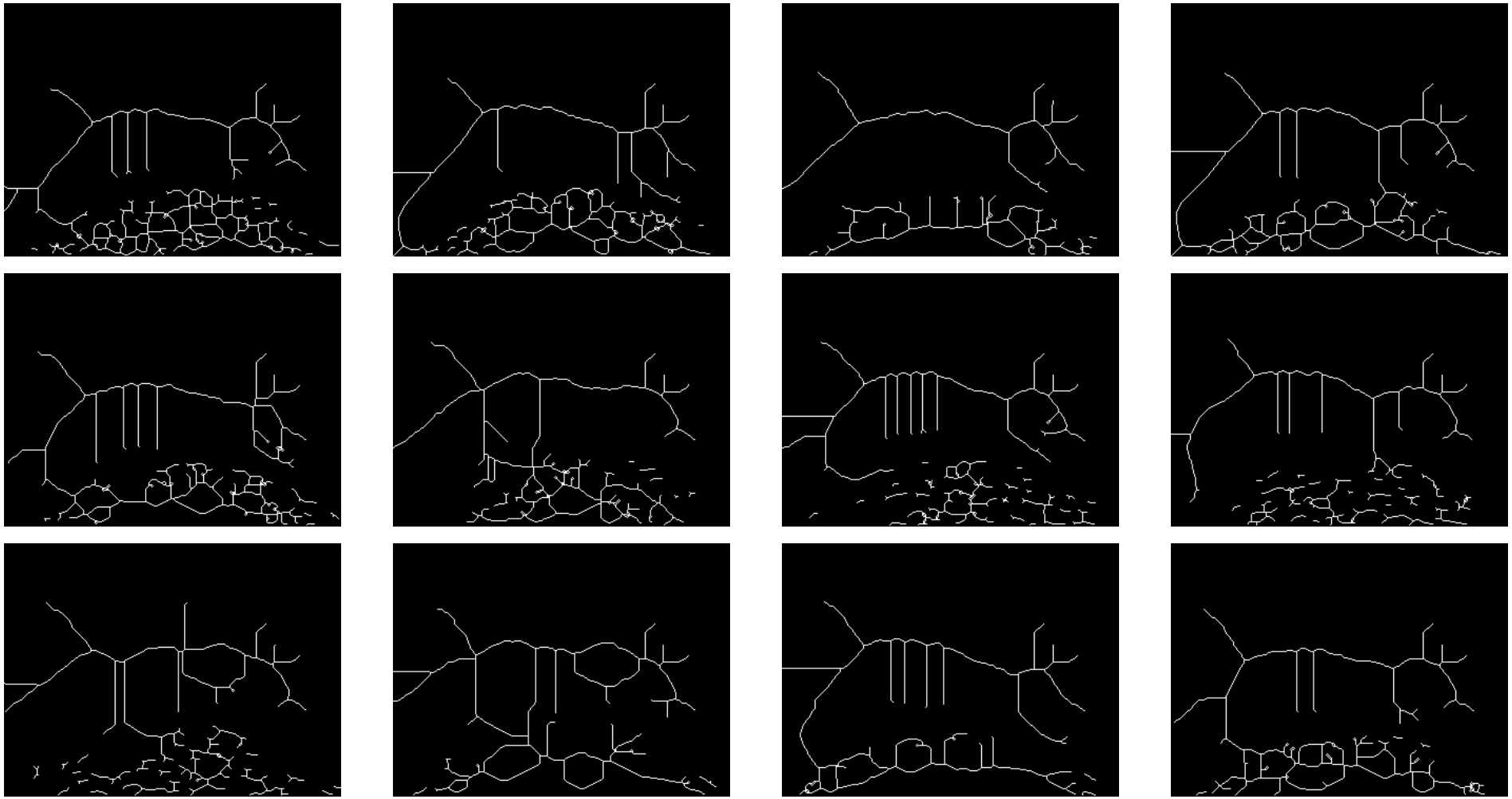
Validació dels resultats

Conclusions i Treball Futur

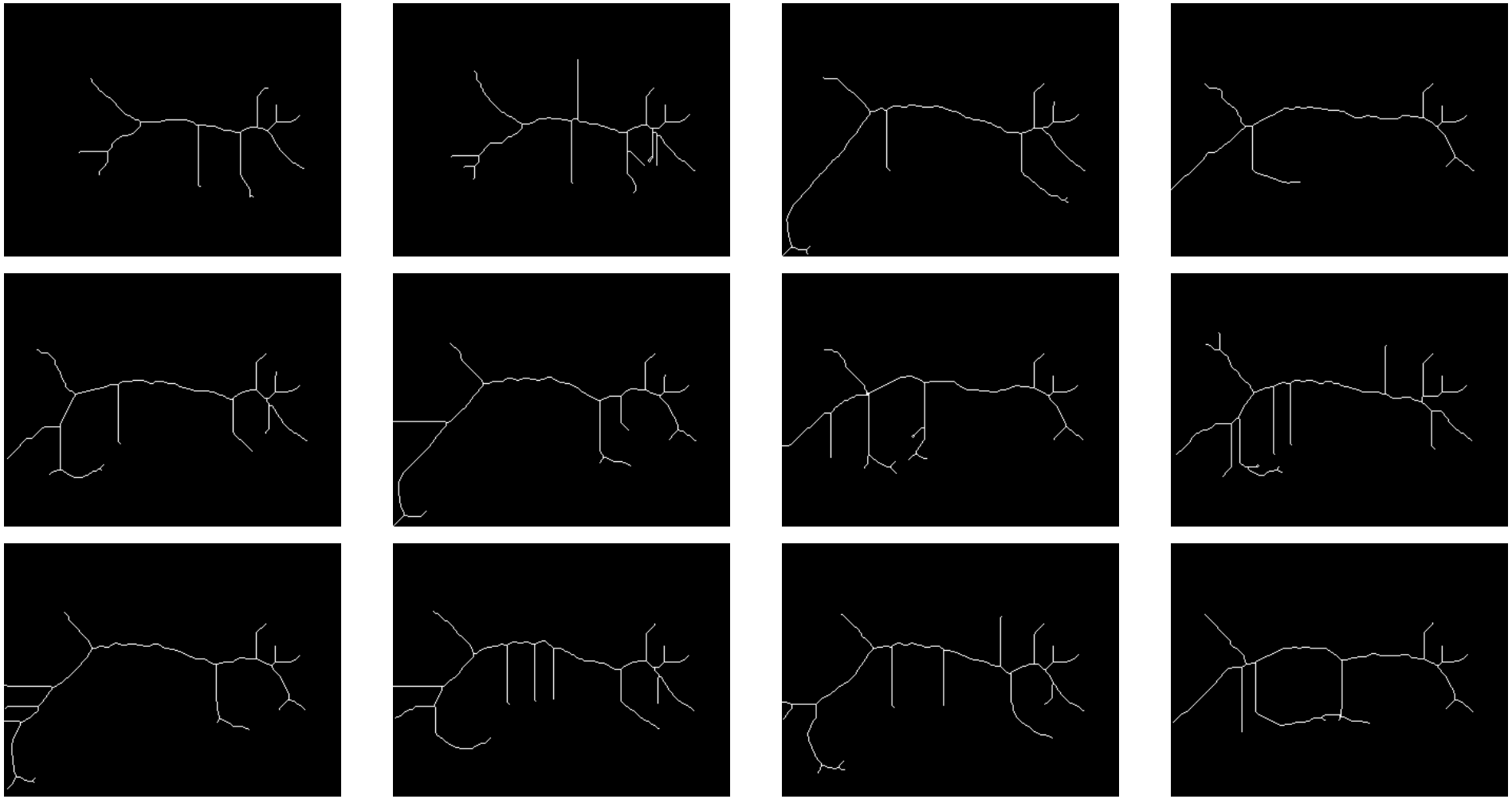
Resultats de la segmentació *Grab-cut* automatitzada



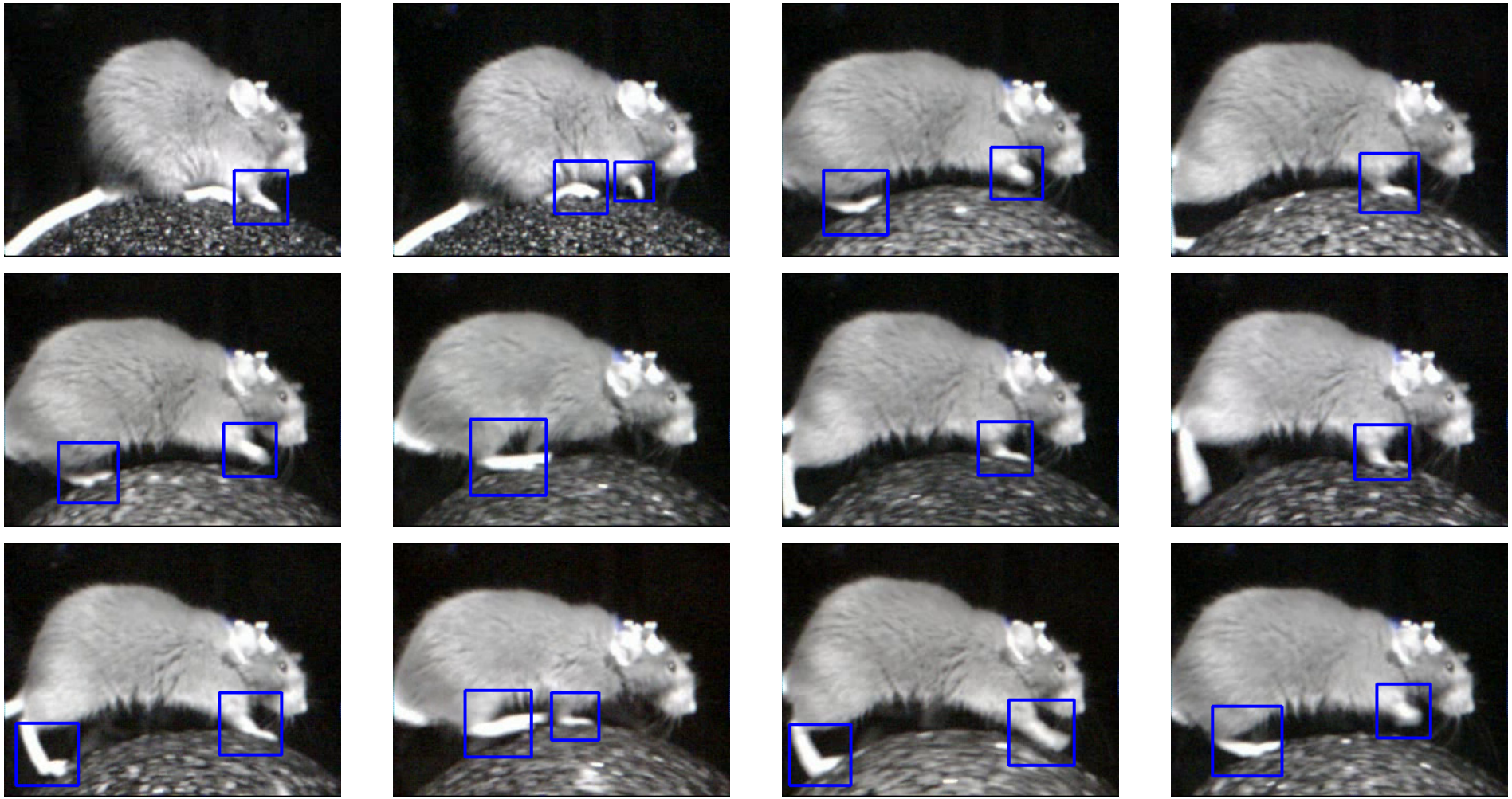
Resultats d'esquelet topològic



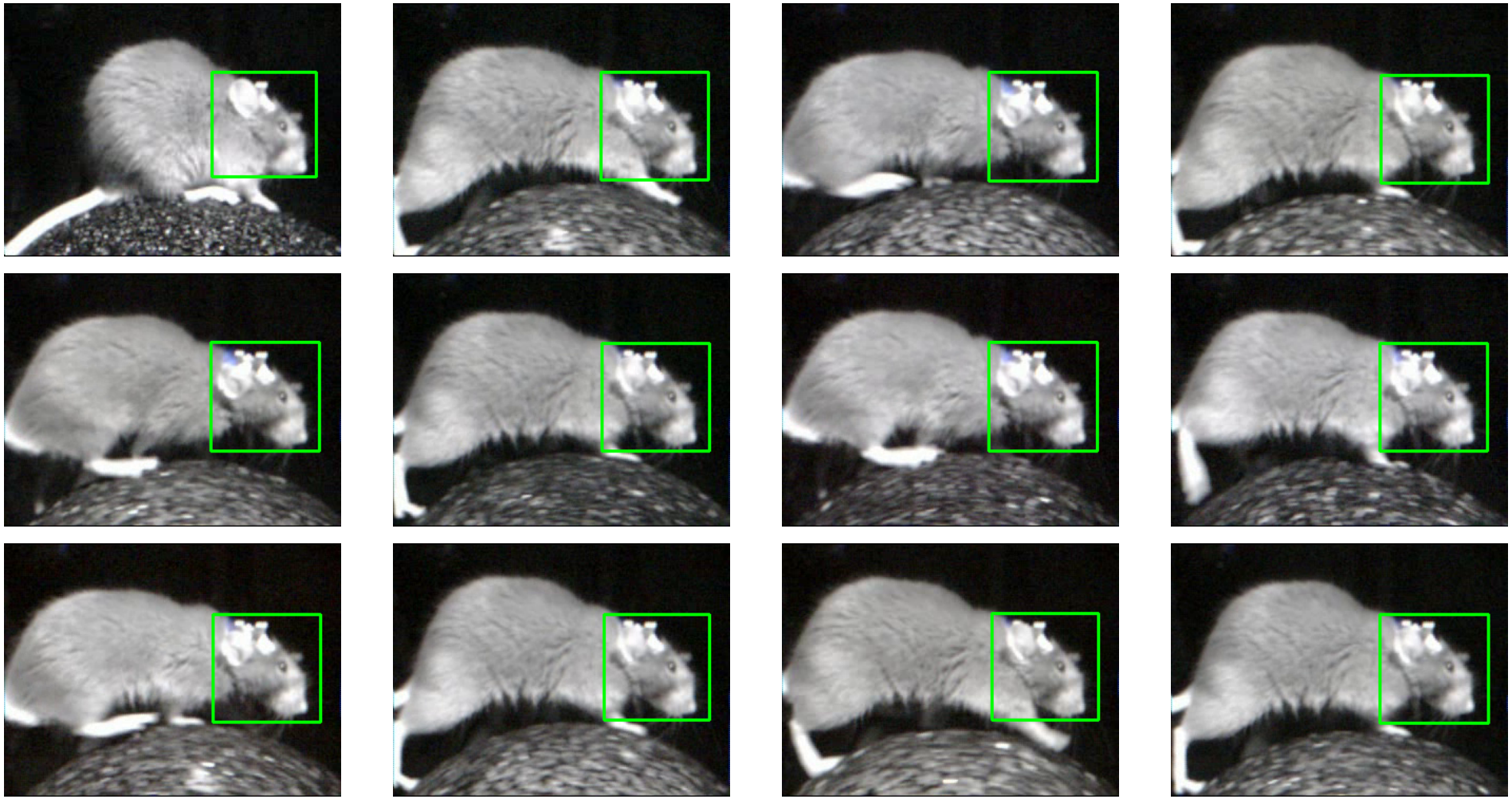
Resultats segmentació + esquelet



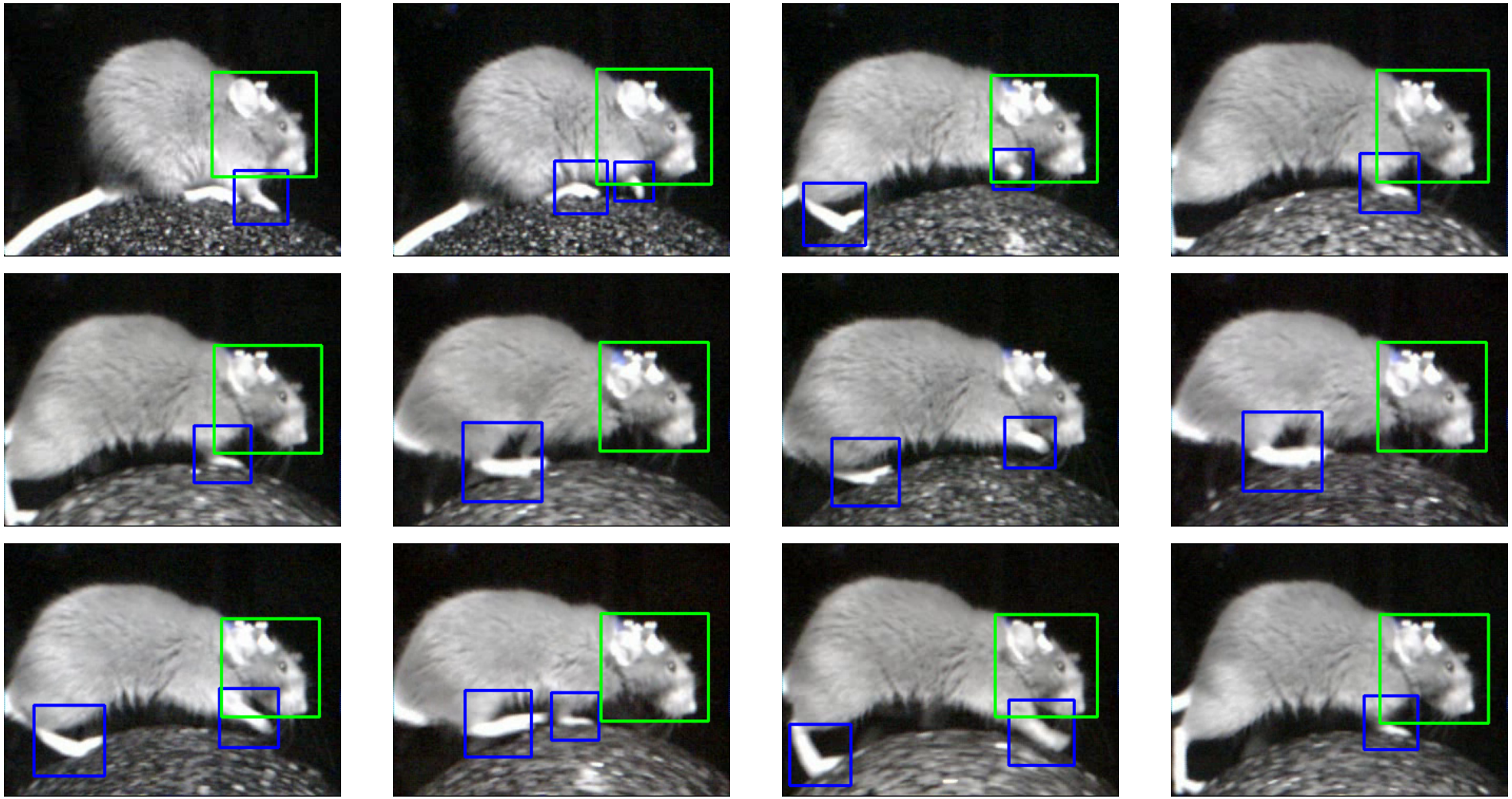
Resultats *Haar* - extremitats



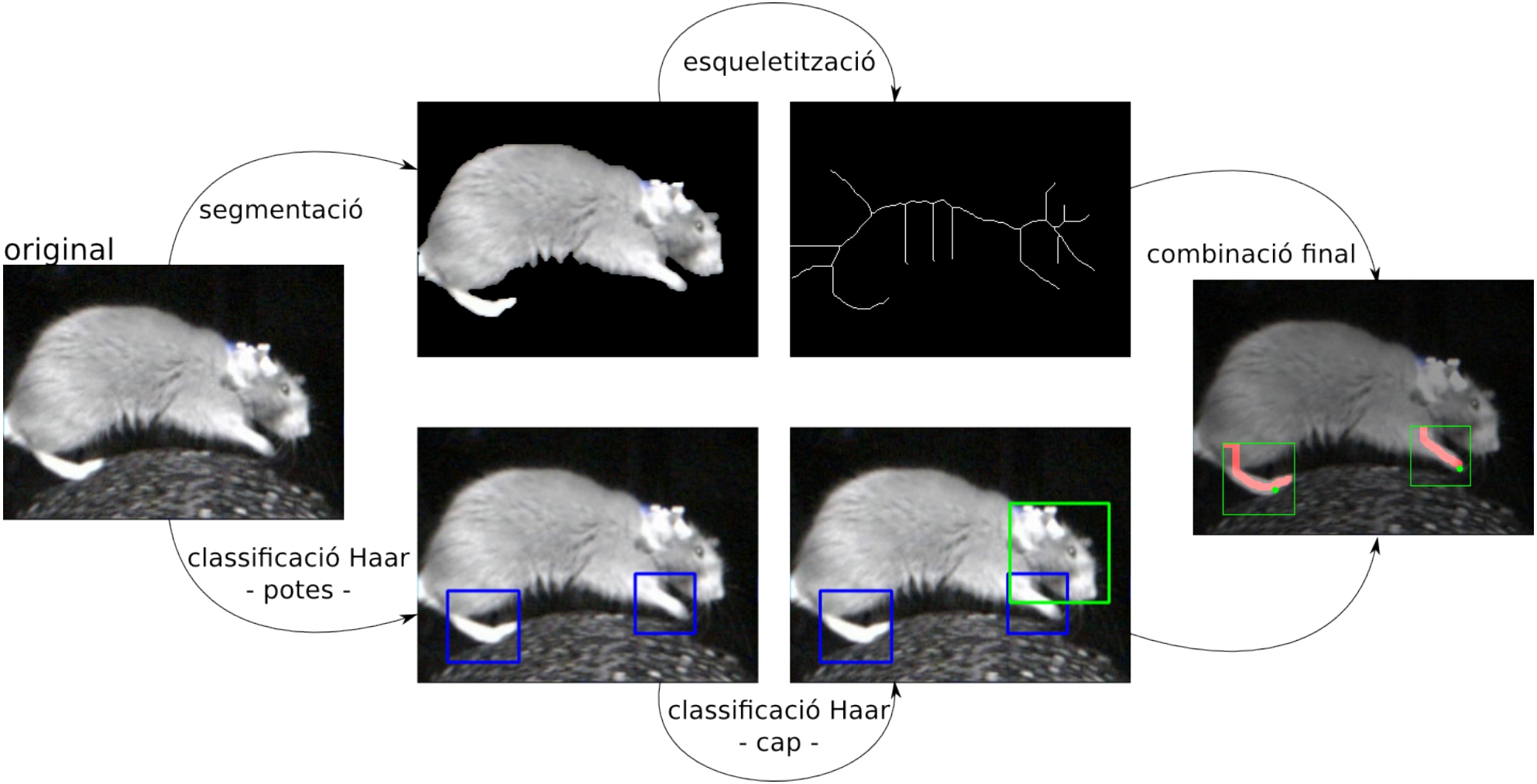
Resultats *Haar* - cap



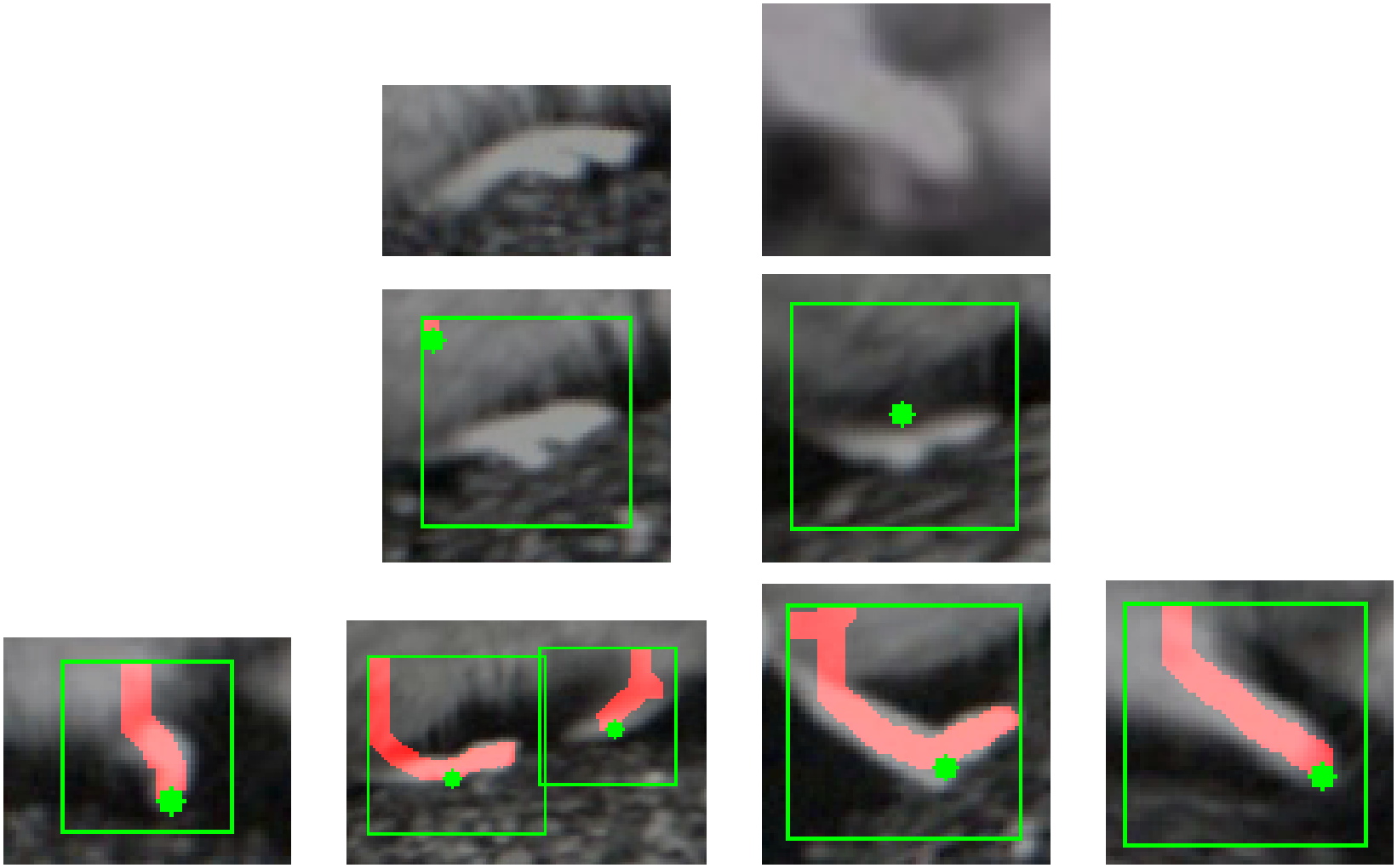
Resultats *Haar* - cap i extremitats



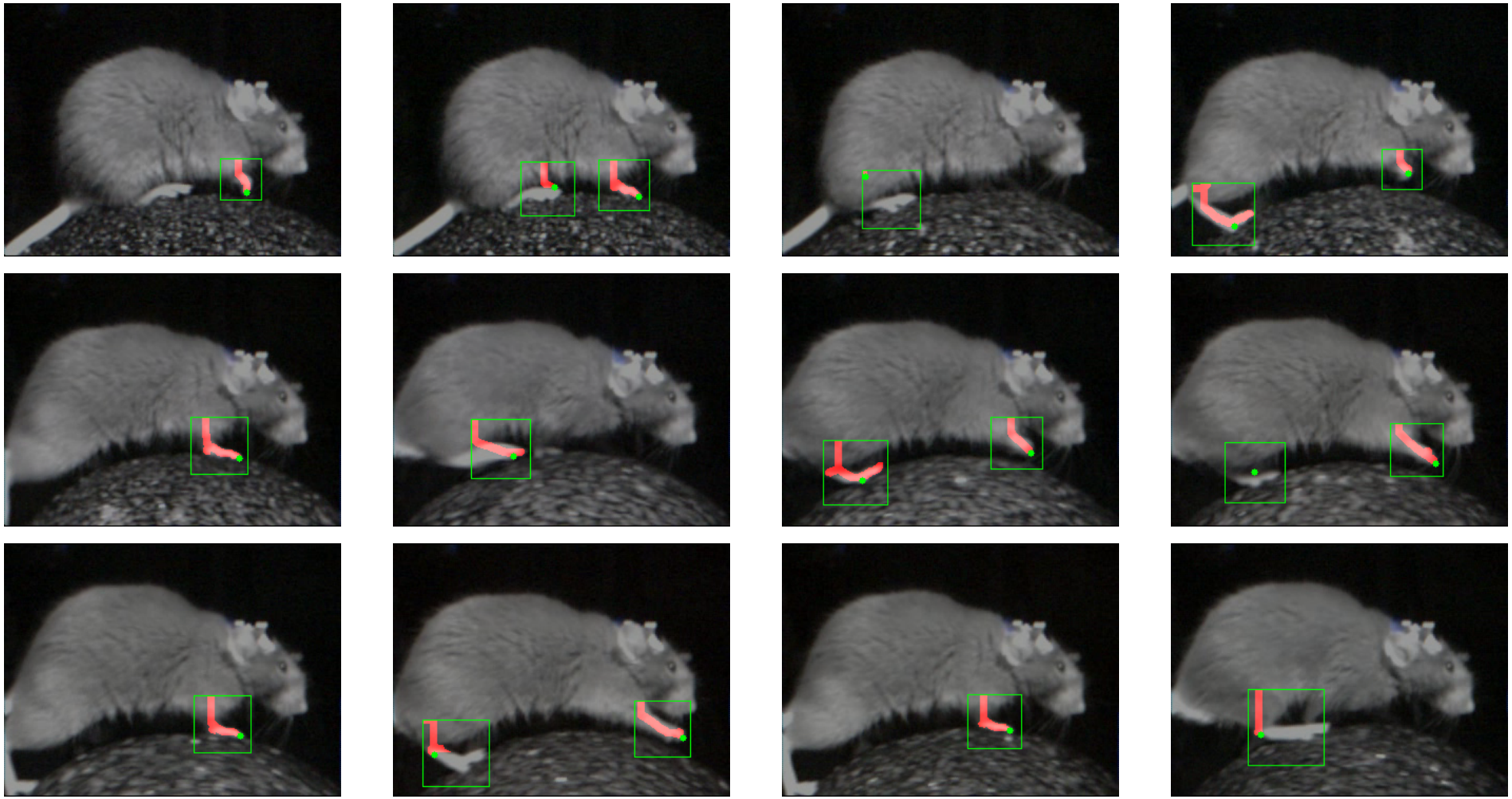
Combinació d'algorismes



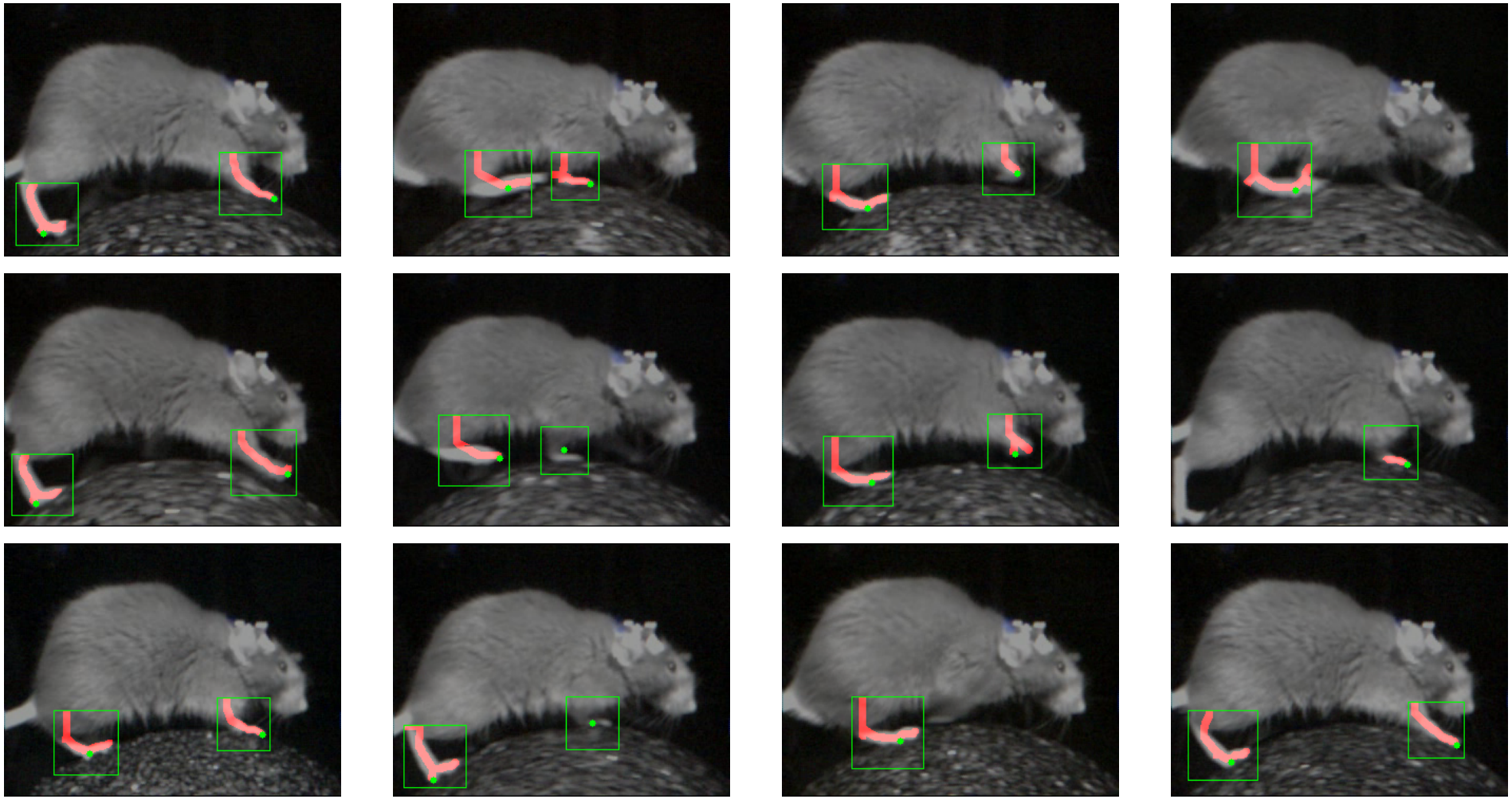
Tipus de detecció



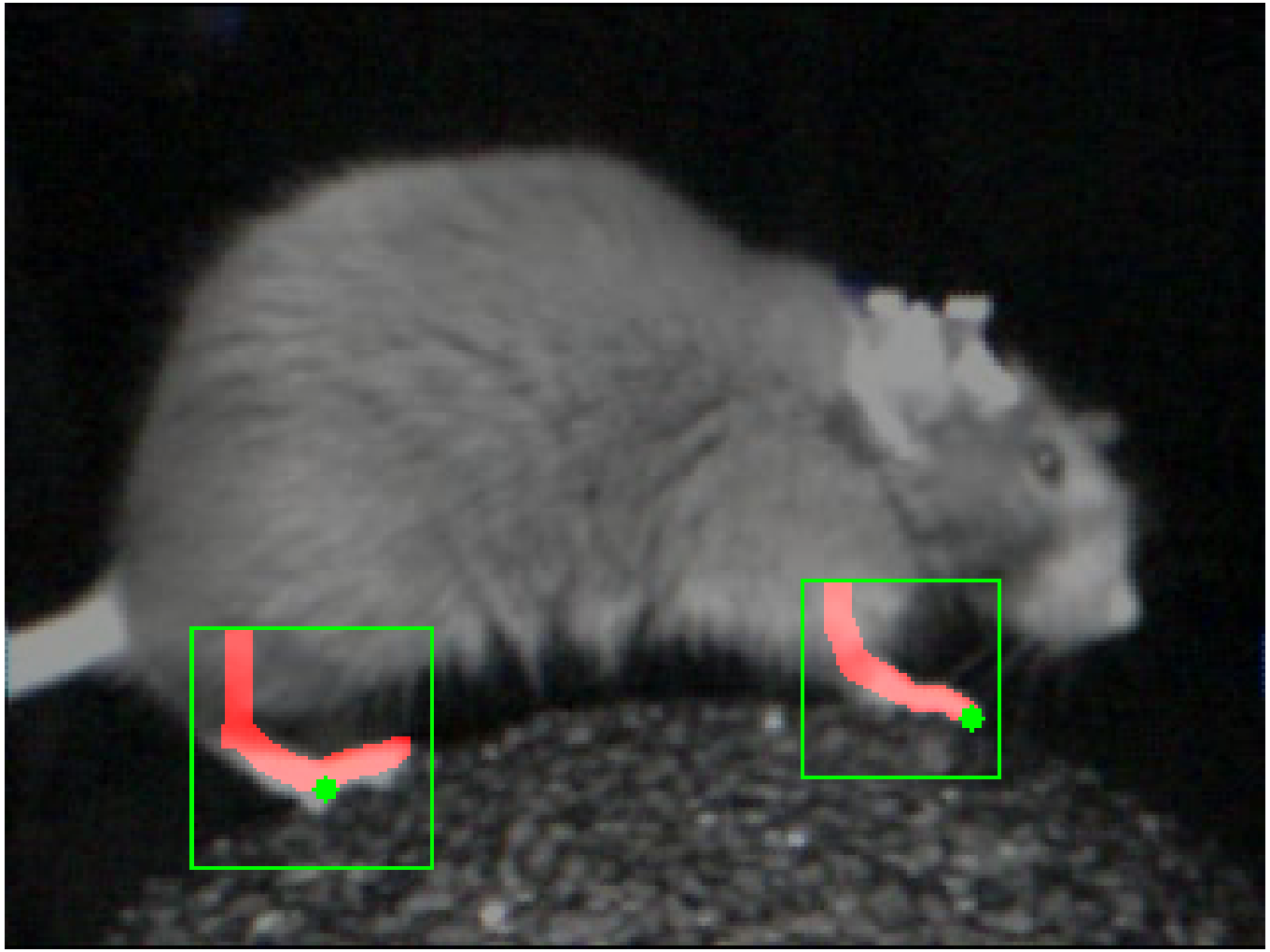
Resultats finals



Resultats finals



Resultats finals - vídeo



Informació *CSV*

Les coordenades de la localització final de cada extremitat per cada fotograma queden emmagatzemades en un arxiu *CSV* per a ser analitzades a posteriori:

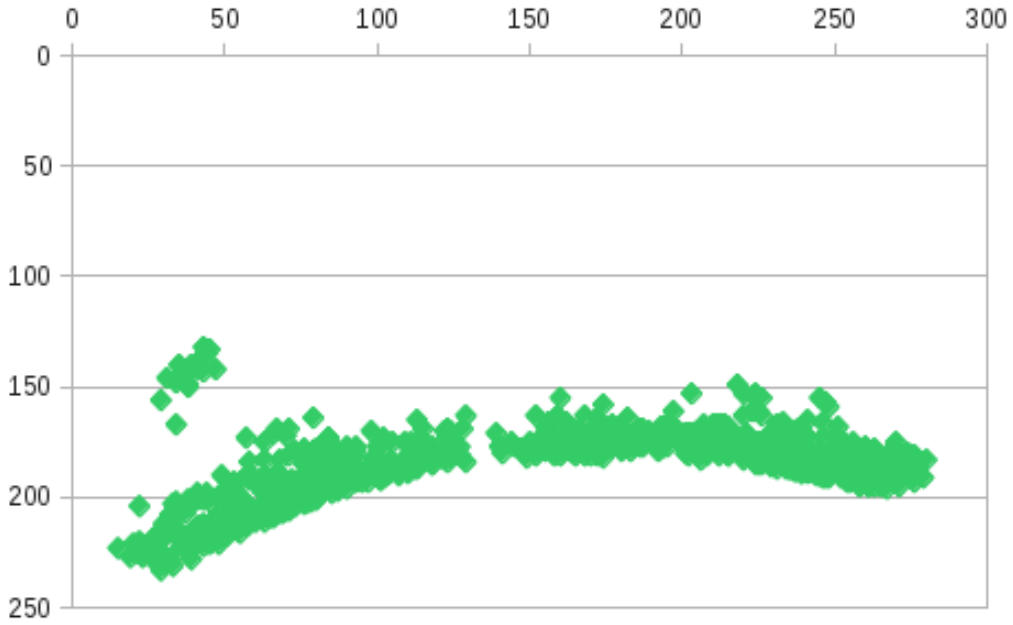


Figura: Gràfics de posició d'ambdues extremitats - *PS3_Vid81.avi*

Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

Disseny

Resultats

Validació dels resultats

Conclusions i Treball Futur

Eina per validar la detecció

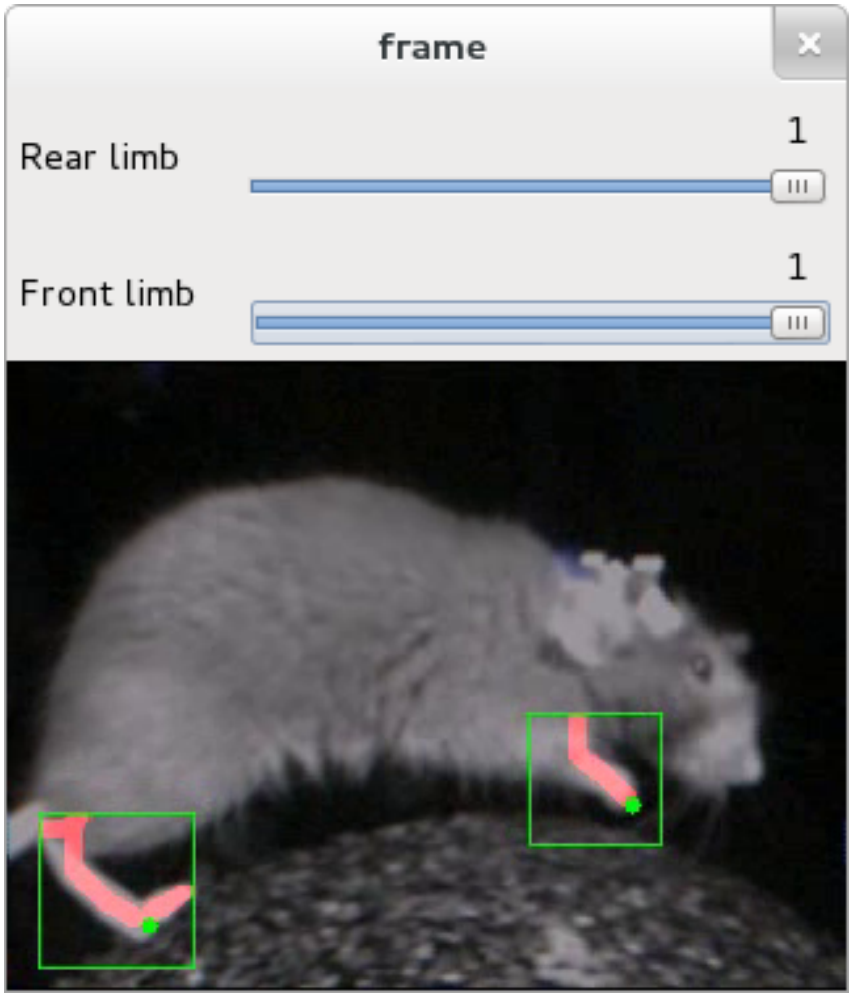


Figura: Interfície de l'aplicació *results_validator.py*

Validació de la detecció

Vídeo	Posterior	Frontal	Fotogrames
Vid1	73%	80%	767
Vid10	81%	78%	767
Vid14	71%	78%	767
Vid32	85%	82%	479
Vid36	86%	83%	479
Vid44	84%	77%	479
Vid64	52%	72%	479
Vid81	80%	73%	479
Mitjana	**77.875%**	**76.5%**	

Introducció

Planificació

Solucions Algorísmiques

Disseny

Resultats

Validació dels resultats

Conclusions i Treball Futur

Conclusions

- Assoliment dels objectius marcats inicialment:
  - S'ha aconseguit segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn.
  - S'ha aconseguit localitzar amb percentatges elevats d'encert les extremitats visibles.
  - S'ha aconseguit extreure'n mesures valuoses.
  - S'ha aconseguit avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos proporcionats.
  - En conjunt, s'acabarà proporcionant una eina a l'equip de recerca que els pot arribar a resultar útil.

Conclusions

- Assoliment dels objectius marcats inicialment:
  - S'ha aconseguit segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn.
  - S'ha aconseguit localitzar amb percentatges elevats d'encert les extremitats visibles.
  - S'ha aconseguit extreure'n mesures valuoses.
  - S'ha aconseguit avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos proporcionats.
  - En conjunt, s'acabarà proporcionant una eina a l'equip de recerca que els pot arribar a resultar útil.

Conclusions

- Assoliment dels objectius marcats inicialment:
  - S'ha aconseguit segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn.
  - S'ha aconseguit localitzar amb percentatges elevats d'encert les extremitats visibles.
  - S'ha aconseguit extreure'n mesures valuoses.
  - S'ha aconseguit avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos proporcionats.
  - En conjunt, s'acabarà proporcionant una eina a l'equip de recerca que els pot arribar a resultar útil.

Conclusions

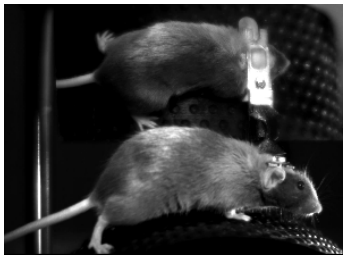
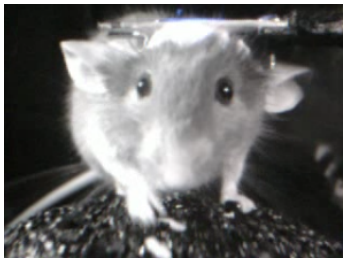
- Assoliment dels objectius marcats inicialment:
  - S'ha aconseguit segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn.
  - S'ha aconseguit localitzar amb percentatges elevats d'encert les extremitats visibles.
  - S'ha aconseguit extreure'n mesures valuoses.
  - S'ha aconseguit avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos proporcionats.
  - En conjunt, s'acabarà proporcionant una eina a l'equip de recerca que els pot arribar a resultar útil.

Conclusions

- Assoliment dels objectius marcats inicialment:
  - S'ha aconseguit segmentar el ratolí distingint-lo de la resta de l'entorn.
  - S'ha aconseguit localitzar amb percentatges elevats d'encert les extremitats visibles.
  - S'ha aconseguit extreure'n mesures valuoses.
  - S'ha aconseguit avaluar l'èxit de la detecció per cada fotograma dels vídeos proporcionats.
  - En conjunt, s'acabarà proporcionant una eina a l'equip de recerca que els pot arribar a resultar útil.

Treball Futur

- Millores en el rendiment.
- Interfície gràfica.
- Processat d'altres punts de vista.

- Utilitzar la informació de la posició del cap.
- Diferenciar la pota frontal de la pota posterior.
- Entrenar els classificadors *Haar* amb més exemples.
- Utilitzar la informació de continuïtat.

Seguiment d'extremitats de ratolins en experiments optogenètics

Pere Parés Casellas

Universitat Oberta de Catalunya

Tutor: David Masip Rodó

Titulació: Màster en Enginyeria Informàtica

2 de gener del 2015