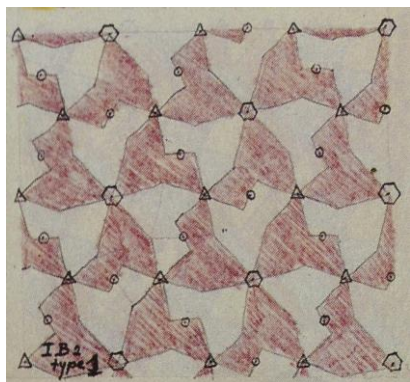


E044 鳥工作單

撰稿：李勁緯

引言：《E044 鳥》是荷蘭版畫家艾薛爾在1941年12月所作的一幅作品，每隻鳥的身體為單一顏色—淡黃色及土黃色，主要繪圖工具為墨水及水彩，而我們影片裡的封面圖是艾薛爾在自己的筆記本中以這種拼合方式所設計的數學骨架草圖，如下圖一所示：



圖一



圖二

觀察圖一可看到有數個紅色區塊及白色區塊，每個區塊邊界上有一個小六邊形、兩個小三角形及一個小圓形記號。不同形狀記號代表著不同種類的旋轉點，六邊形記號代表一次旋轉60度，轉6次為一圈，三角形記號代表一次旋轉120度，轉3次為一圈，而圓形記號則代表一次旋轉180度，轉2次為一圈。一個小六邊形記號及兩個小三角形記號三點可以連成一個正三角形，此正三角形就是這一個區塊的數學骨架，而小圓形記號的位置恰好在兩個小三角形記號連線的中點，《E044 鳥》就是利用此種拼合方式所設計出的作品。圖二所示為艾薛爾在1957年6月設計的延伸作品《E099 飛魚》，你有發現嗎？其實《E099 飛魚》中所使用的飛魚輪廓跟我們這幅《E044 鳥》作品中鳥輪廓是完全一樣的！看到這裡大家是不是覺得很有趣呢？就讓我們觀賞影片來看看鳥是如何誕生的吧！

請在電腦上點選《E044 鳥.exe》，進入影片的首頁，並按左上角的Q版圖開始撥放。

一、鳥的數學與藝術

我們可以把鳥的影片分成如下的四幕：

第一幕：影片由正三角形鋪滿構成數學舞台拉開序幕，而這正三角形正是鳥的數學骨架。

第二幕：將數學舞台的一個正三角形放大，從這正三角形剪下四小塊後，依數學原理的平移及旋轉貼到正確的位置，即裁貼出鳥。

第三幕：將鳥外框的內部著上顏色成為藝術品並進行藝術表演，表演過程依各種適當角度將表演的鳥們互相密合。

第四幕：銜接第一幕的數學舞台並留下數學骨架的虛線邊，將鳥一隻一隻放到數學骨架上的正確位置進而鋪滿數學舞台，而這種不互相重疊、無空隙、反覆且連續的鋪滿就是所謂的鑲嵌或密鋪。

1. 第一幕的數學骨架是哪一個多邊形呢？

- 正三角形 正方形 正六邊形

2. 第二幕裁貼的過程中，用到了哪些數學方法？

- 平移 旋轉 翻面

3. 影片中有幾種顏色的鳥？

- 兩種 三種 四種

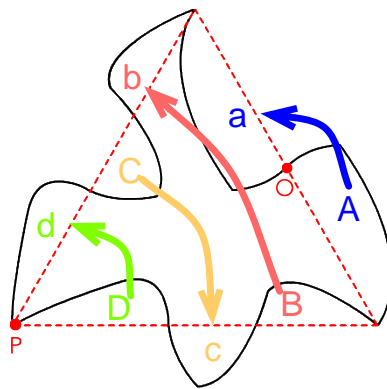
4. 鋪滿數學舞台的鳥們有哪些特色？

- 不重疊 無空隙 外形都一樣

二、如何從數學骨架裁貼出鳥

綜合下面兩個方式即可裁貼出鳥，方式如下：

甲、將正三角形剪下四個小區塊 A, B, C, D，並將這四個小區塊貼到正確的位置上，即 $A \rightarrow a$ ； $B \rightarrow b$ ； $C \rightarrow c$ ； $D \rightarrow d$



乙、如何貼到正確的位置呢？我們根據數學原理的旋轉：

- (1) $A \rightarrow a$ ：將 A 區塊以點 O 為旋轉點旋轉到 a
- (2) $B \rightarrow b$ ：將 B 區塊以點 P 為旋轉點旋轉到 b
- (3) $C \rightarrow c$ ：將 C 區塊以點 P 為旋轉點旋轉到 c
- (4) $D \rightarrow d$ ：將 D 區塊以點 P 為旋轉點旋轉到 d

裁貼出鳥後可以發現：正三角形的三個頂點分別在鳥的嘴巴及兩隻翅膀端點，這就是鳥在數學骨架上的正確位置。

三、真的是鳥磁磚嗎

由藝術表演可以知道經過數學原理形成的鳥磁磚可以互相密合，其密合方式有兩種：

(1) 鳥尾巴對鳥脖子的密合



(2) 鳥右半身對鳥右半身的密合

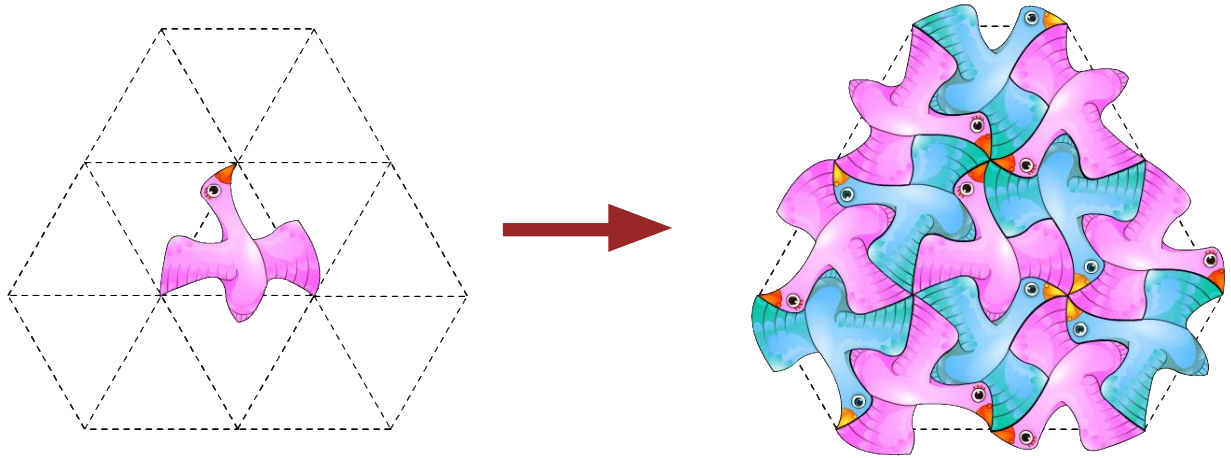


有了這兩種密合方式，就可以將鳥密鋪在平面上了。

四、鳥的鑲嵌圖

甲、鳥鑲嵌圖

透過了解鳥在數學骨架上的正確位置及兩種密合方式後，即可在數學骨架上密鋪出鳥鑲嵌圖，左下圖是先將鳥放在數學骨架上的正確位置，其他鳥除了要放在數學骨架上的正確位置外，還須一一按照兩種密合方式密鋪。



關於《E044 鳥》原圖，如下圖所示：



這幅作品是艾薛爾第一次嘗試利用一次旋轉60度來創作的作品，而且他也十分開心地發現，利用這樣的拼合方式只需要兩種顏色就能區分相鄰的鳥。

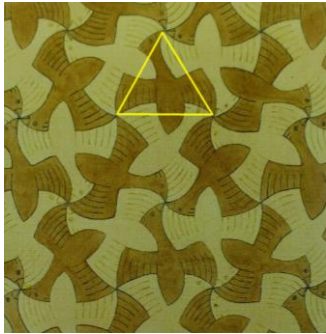
乙、鳥拼圖遊戲

看到這裡是否對鳥鑲嵌有了更進一步的了解，下面是為大家精心準備好玩且有趣的鳥拼圖遊戲，請再仔細觀察鳥鑲嵌圖的排列方式，遊戲開始囉！

請在電腦上點選《E044 鳥拼圖.exe》進入拼圖的首頁，
並按左上角的Q版圖開始遊戲。

E044 鳥回饋單

1. 根據你的經驗，下列哪一個地方最有可能用正三角形密鋪？
 人行道 家裡客廳地板 廟宇地板
2. 請你回想一下，每一隻鳥周遭圍繞著幾隻鳥呢？（相鄰才算，只接觸一點不算）
 3隻 4隻 5隻 6隻
3. 鳥的表面積與其數學骨架正三角形的面積是否一樣？
 是 否
4. 一個數學骨架包含了幾隻鳥？
5. 右下圖為艾薛爾的另一幅作品《E100 飛信》，這作品也利用了正三角形當作數學骨架，請參考左下圖所畫的數學骨架，在右下圖畫出正確的數學骨架，並用找到的數學骨架說明如何剪貼出飛信。



6. 關於影片(含拼圖遊戲)與本工作單的教材，你給予幾分(最多10分，最少0分)

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

又有何建議：